

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Oktober 2005 (27.10.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/100016 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B32B 27/00**,  
H01L 33/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2005/000209

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. April 2005 (15.04.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
664/04 16. April 2004 (16.04.2004) CH  
1425/04 31. August 2004 (31.08.2004) CH  
1957/04 26. November 2004 (26.11.2004) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **LUCEA AG** [CH/CH]; c/o Wey & Spiess Treuhand-  
und Revisionsgesellschaft, ft, Gotthardstrasse 18, CH-6300  
Zug (CH).

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STAUFERT, Gerhard**  
[CH/CH]; Schulhausstr. 8, CH-4800 Zofingen (CH).

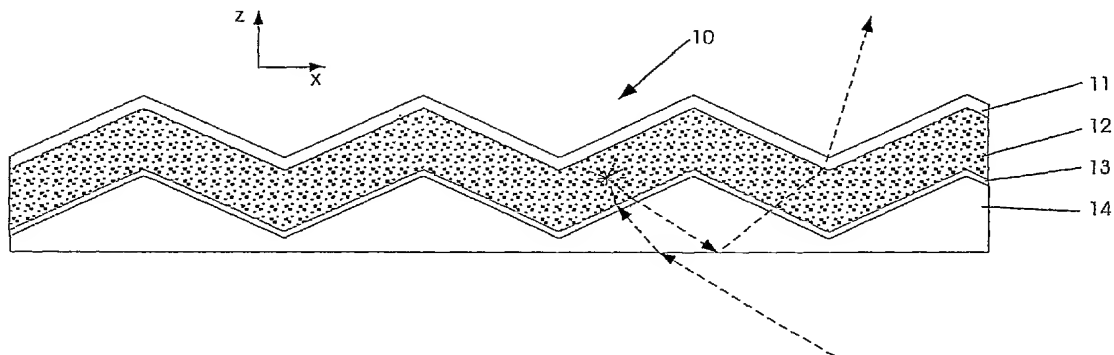
(74) Anwalt: **FREI PATENTANWALTSBÜRO AG**; Postfach  
1771, CH-8032 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIGHT-EMITTING PANEL AND OPTICALLY EFFECTIVE FOIL

(54) Bezeichnung: LICHEMITTIERENDES PANEEL UND OPTISCH WIRKSAME FOLIE



(57) **Abstract:** A light-emitting panel comprises a plurality of non-housed LED chips and a foil which covers a plurality of LED chips so as to protect them from outside influences and to influence at least in part the light emitted by the LEDs, for example converting its frequency. The foil is a conversion foil or a diffuser foil, i.e. it contains fluorescent dyes and/or diffusers. The fluorescent dye (also called conversion dye) and/or the diffusers are embedded in a first laminated structure. A second laminated structure is arranged on the side of the first laminated structure that faces the light-generating elements. All the layers of the first laminated structure and all the layers of the second laminated structure have a similar refraction index. On the contrary, there is a substantial difference between the refraction index of the layers of the first laminated structure and the layers of the second laminated structure. The refraction index of the layers of the first laminated structure is low, for example lower than 1.5, and the refraction index of the layers of the second laminated structure is as high as possible, for example higher than 1.5. The transition between a boundary layer of the first laminated structure and a boundary layer of the second laminated structure is not flat but rather has boundary surfaces which form an angle to the lamination plane or are possibly corrugated. According to another aspect of the invention, non-housed LED chips may be covered with a sheath which contains the conversion dye.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein lichtemittierendes Paneel zur Verfügung gestellt, welches eine Mehrzahl von ungehäuseten LED-Chips sowie eine Folie aufweist, welche eine Mehrzahl von LED-Chips vor Umwelteinflüssen schützend abdeckt und von diesen abgesandtes Licht mindestens teilweise beeinflusst, beispielsweise frequenzkonvertiert. Die Folie ist

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/100016 A2



KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

eine Konversionsfolie oder eine Diffusorfolie, d.h. sie enthält fluoreszierende Farbstoffe und/oder Diffusoren. Der Fluoreszenzfarbstoff (er wird hier auch Konversionsfarbstoff genannt) und/oder die Diffusoren sind in einen ersten Schichtaufbau eingebettet. Ein zweiter Schichtaufbau ist auf der den lichterzeugenden Elementen zugewandten Seite des ersten Schichtaufbaus angeordnet. Alle Schichten des ersten Schichtaufbaus und alle Schichten des zweiten Schichtaufbaus haben je einen ähnlichen Brechungsindex. Hingegen gibt es einen substantiellen Unterschied zwischen den Brechungsindizes der Schichten des ersten Schichtaufbaus und der Schichten des zweiten Schichtaufbaus, wobei der Brechungsindex der Schichten des ersten Schichtaufbaus klein- beispielsweise kleiner als 1.5, und der Brechungsindex der Schichten des zweiten Schichtaufbaus möglichst gross - beispielsweise grösser als 1.5 - ist. Der Übergang zwischen einer Grenzschicht des ersten Schichtaufbaus und einer Grenzschicht des zweiten Schichtaufbaus ist nicht flach sondern besitzt zur Schichtungsebene einen Winkel bildende oder eventuell gewellte Grenzflächen. Gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung können ungehäuste LED-Chips mit einer sie überziehenden Hülle mit Konversionsfarbstoff versehen sein.

## **LICHTEMITTIERENDES PANEEL UND OPTISCH WIRKSAME FOLIE**

Die Erfindung betrifft das Gebiet von Leuchtpaneelen mit LEDs, d.h. von abschnittsweise flächigen Lichtgebern mit einer Mehrzahl von lichtemittierenden Halbleiterdioden (LEDs) als Lichtquellen.

5 Solche Leuchtpaneele, die auch den Vorteil der Konfektionierbarkeit haben, sind aus den Schriften EP 1 055 256 und WO 03/023857 sowie auch aus der WO2004/102064 bekannt.

Bei solchen Leuchtpaneelen gehören die Langzeit-Stabilität auch unter schwierigen Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Schadstoffeinwirkung) sowie die kostengünstige Herstellbarkeit zu den Grundvoraussetzungen. Ausserdem existiert  
10 für viele Anwendungen ein Bedarf, das relativ schmalbandige Emissionsspektrum von LEDs den jeweiligen Bedürfnissen anzupassen. Bei der Frequenzkonversion mittels Fluoreszenzfarbstoffen sollten einerseits ein möglichst hoher Wirkungsgrad und andererseits eine möglichst gute Homogenität erreicht werden.

Das Zur-Verfügungstellen von technischen Lösungen für Leuchtpaneele unter diesen  
15 Gesichtspunkten ist eine Aufgabe der Erfindung.

Gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein lichtemittierendes Paneel zur Verfügung gestellt, welches eine Mehrzahl von ungehäusten LED-Chips sowie eine Folie aufweist, welche eine Mehrzahl von LED-Chips vor Umwelteinflüssen schützend abdeckt und von diesen abgesandtes Licht mindestens teilweise  
5 beeinflusst, beispielsweise frequenzkonvertiert.

Unter „Paneel“ versteht man ein mindestens abschnittweise flächiges Element, das dimensionsstabil oder flexibel sein kann und eine Mehrzahl von vorzugsweise in einem regelmässigen Raster angeordneten lichterzeugenden Elementen enthält. Im Kontext dieser Schrift sind die lichterzeugenden Elemente immer LED-Chips, d.h.  
10 ungehäuste LEDs.

Optisch wirksame Folien zur Konversion der Lichtfarbe und/oder zur Filterung bestimmter Lichtfarben, sind im Zusammenhang mit elektrolumineszenten Lichtquellen wie LED oder OLED an sich bekannt. Beispiele, die sich OLED und/oder auf LED beziehen, finden sich in den Schriften WO03021622,  
15 WO03020846, US6653778, JP11199781. Beispiele die sich ausschliesslich auf OLED beziehen, finden sich in den Schriften TW474038, US2002113546, JP2001164245. Auch optisch wirksame Folien im Sinne von Linsen-Arrays oder ähnlichem sind im Zusammenhang mit elektrolumineszenten Lichtquellen wie LED oder OLED an sich bekannt. Zwei Beispiele aus vielen hierfür sind die Schriften  
20 US6654175 und US2003150916.

Von diesem Stand der Technik hebt sich die Erfindung dadurch ab, dass eine (einzige) optisch wirksame Folie eine Mehrzahl von LED-Chips so abdeckt, dass sie durch diese vor Umwelteinflüssen – insbesondere vor Feuchtigkeit – abgeschrimmt sind. Gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung wird demnach nebst der Funktion

,optische Wirkung' auch die Funktionen ,Schutz' mit einem einzigen, kostengünstig herzustellenden Element verwirklicht: Einer Folie.

In keinem der bekannten Beispiele eine optisch wirksamen Folie offenbart, welche auch nur dazu geeignet wäre, eine Schutzfunktion gegen aggressive Gase und Flüssigkeiten sowie gegen Wasser und Wasserdampf für die elektrolumineszenten Lichtquellen und deren elektrische Anschlüsse und, im Falle der Konversion oder Filterung von Licht, für die verwendeten Farbstoffe wahrzunehmen. Folglich wird ebenfalls keinem dieser Dokumente eine Folie offenbart, welche eine Langzeit-Stabilität der chemischen, mechanischen und optischen Eigenschaften der Folie aufweisen würde:

Langzeit-Stabilität bezüglich der chemischen Eigenschaften bedeutet, dass die oben genannten Schutzfunktionen über beispielsweise mindestens 50'000 Betriebsstunden – bspw. auch bei Betriebstemperaturen von bis zu 120°C – erhalten bleiben. Langzeit-Stabilität bezüglich der mechanischen Eigenschaften bedeutet, dass unter Witterungsbedingungen im Freien und unter mechanischer Wechselbelastung während mindestens 50'000 Betriebsstunden auch bei Betriebstemperaturen von bis zu 120°C kein Verspröden und keine Rissbildung auftritt. Langzeit-Stabilität bezüglich der optischen Eigenschaften bedeutet dass die Folie im Bereich sichtbaren Lichtes beispielsweise nach mindestens 20'000 Betriebsstunden, besser aber erst nach 50'000 Betriebsstunden, auch bei Betriebstemperaturen von bis zu 120°C einen Transmissionsverlust von höchstens 20% aufweisen darf.

Es hat sich gezeigt, dass als Materialien für solche erfindungsgemässe Folien beispielsweise zwei Klassen von Werkstoffen sehr gut geeignet sind: Fluorpolymere und transparente Silikone. Diese sind aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften als Werkstoffe an sich wohlbekannt, wurden aber bisher für optische Anwendungen gar

nicht in Betracht gezogen (Fluorpolymere) bzw. nicht als Folien in Betracht gezogen. Eine weitere geeignete Materialklasse stellen die Polycarbonate dar. Die im Zusammenhang mit LED und/oder OLED meist verwendeten transparenten Materialien wie PMMA, PC, PE, PET erfüllen die gestellten Forderungen entweder  
5 in Bezug auf Temperaturstabilität und/oder in Bezug auf optische Langzeit-Stabilität hingegen oft nicht.

Zusätzlich zu den genannten oder ähnlichen hochtransparenten, langzeitstabilen und temperaturstabilen Materialien ist es möglich, dünne Schichten hochtransparenter, temperaturstabiler Materialien zu verwenden, bei denen beispielsweise die  
10 Lichttransmission im sichtbaren Bereich mit der Zeit abnimmt. Es ist möglich die Schichtdicke eines solchen Materials so zu wählen, dass die Abnahme der Transmission nur eine untergeordnete Rolle spielt. Ein Beispiel eines solchen Materials sind PI-Resiste, die eine ausgezeichnete, aber mit der Zeit leicht abnehmende Transparenz, eine hohe Beständigkeit gegen die meisten Chemikalien  
15 und eine sehr gute Temperaturbeständigkeit aufweisen. Der Vorteil neu entwickelter PI-Resiste liegt darin, dass sie mit üblichen Verfahren in Schichtdicken zwischen 1 und 10  $\mu\text{m}$  aufgebracht und ausgehärtet werden können, im ausgehärteten Zustand extrem hohe optische Brechungs-Indices (1.65 bis 1.9) aufweisen und somit zur Erzeugung mikrooptischer refraktiver Elemente (fresnelartige Elemente)  
20 prädestiniert sind.

Die genannten Werkstoffe lassen sich mit löslichen oder hoch viskosen Materialien gut kombinieren; diese können durch Verfahren wie beschichten, rakeln aufsprühen etc. auf eine Basisfolie aus den genannten Werkstoffen oder anderen transparenten Materialien aufgebracht werden und können dort mindestens teilweise aushärten. Als  
25 lösliches Material sind amorphe Fluorpolymere beispielsweise von der Firma Dupont unter dem Markennamen Teflon AF erhältlich. Dieses Material ist in gewissen

- perfluorinierten Lösungsmitteln (z.B. FC75 oder FC40 der Firma 3M) lösbar und kann in diesem Zustand in dünnen oder dickeren Schichten durch Verfahren wie Aufspinnen, Sprühen, Tauchen usw. auf geeignete Träger aufgebracht werden. Es hat eine hervorragende Transparenz für sichtbares Licht und eine ebenso herausragende
- 5 Langzeit-Stabilität wie die anderen Fluorpolymere.

- Der Schutz den die genannten Materialien gegen aggressive Gase und Flüssigkeiten sowie gegen Wasser und Wasserdampf bieten, kann durch Bedampfen oder Besputtern mit einer anorganischen Schutzschicht wie  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{SiN}_x\text{O}_x$  oder  $\text{TiO}_x$  noch wesentlich verbessert werden. Hierzu sind anorganischen Schutzschichten von
- 10 wenigen 100 nm Dicke notwendig. Durch eine solche in einem Dünnschicht-Verfahren hergestellte zusätzliche Schutzschicht kann unter Umständen auch eine genügende Stabilität von Lichtemittierenden Paneelen gemäss der Erfindung hergestellt werden, wenn das Folienmaterial ansonsten weniger gut für das Ausüben einer Schutzfunktion geeignet ist.

- 15 Mit mindestens einer Schicht oder mit einer Kombination mehrerer Schichten der diskutierten Materialien kann über lange Zeit stabiler Schutz eines LED-Arrays gewährleistet werden.

- Falls die optisch wirksame Folie eine Konversionsfolie ist (d.h. der Konversion des von den LEDs emittierten Lichts in Sekundärlicht mit einer anderen
- 20 Lichtwellenlänge dient), kann der notwendige Konversionsfarbstoff (auch Phosphor genannt) von der Folie selbst gegen chemische Einflüsse geschützt werden. Dies kann bspw. durch einen mehrschichtigen Aufbau der Folie gewährleistet werden. In einem solchen können die notwendigen Farbstoffe zwischen mindestens zwei Schichten der genannten Materialien eingebracht sind, so dass „oberhalb“ und
- 25 „unterhalb“ der Farbstoff- bzw. Phosphorschicht eine genügend dicke Schicht des

Schutzmaterials vorhanden ist. Ein solcher Aufbau verhindert eine allmähliche Degradation, wie sie bei nahe der Folienoberfläche befindlichen Farbstoffen ereignen kann. Praktisch vollständig verhindert wird eine Degradation der Farbstoffe durch die zusätzliche Beschichtung der beiden Schutzschichten mit einer additiven anorganischen Schutzschicht, also beispielsweise mit der erwähnten einige 0.1 µm dicken  $\text{SiO}_x$ -  $\text{SiN}_x\text{O}_x$ - oder  $\text{TiO}_x$ -Schicht.

Die Schutzfolie kann unter Umständen auch zusätzliche, stärker trübe werdende transparente Werkstoffe beinhalten, wenn diese spezielle erwünschte Eigenschaften wie beispielsweise hohen Brechungsindizes aufweisen. Diese sind vorzugsweise in so dünnen Schichten vorhanden, dass deren Trübung die Langzeitstabilität nicht gefährdet, beispielsweise indem die Dicke der dünnen Schichten zwischen maximal 1 Mikrometer und maximal 20 Mikrometer gewählt wird, und/oder indem die Dicke der dünnen Schichten so gewählt wird, dass die entstehende Absorption kleiner als 15%, vorzugsweise kleiner als 10% ist.

Die Herstellung einer zwischen zwei Lagen eingebetteten Farbstoffschicht kann bspw. beinhalten, dass die zwei Lagen aufeinander auflaminiert werden; vor der Lamination wird die Oberfläche mindestens einer der Folien mit Farbstoff bestreut, zusätzlich kann auch Farbstoff in eine der Lagen eingewalzt werden. Als zweite Möglichkeit wird eine Materix mit einem (Konversions-)Farbstoff (bspw. ein Gemenge aus gelösten Teflon AF und der notwendigen Farbstoffmenge) vor der Lamination der beiden Lagen aufgebracht und ausgehärtet. Das kann bei Temperaturen zwischen 200°C und 400°C, beispielsweise bei Temperaturen zwischen 250°C und 350°C geschehen. Bei einer dritten Möglichkeit wird das Gemenge aus gelöstem Teflon AF und der notwendigen Farbstoffmenge ersetzt durch ein Gemenge aus transparentem Silikon und der notwendigen Farbstoffmenge. In diesem Fall wird die obere FEP-Folie nicht auflaminiert sondern nur aufgerollt, weil das Silikon genügend Haftung bietet.



Es können auch mehrlagige optisch wirksame Schutzfolien hergestellt werden, bspw. mit einer ersten Farbstoffschicht, welche konvertierend wirkt und einer zweiten Farbstoffschicht (oder Filterschicht) welche als Filter wirkt. Alternativ können auch in verschiedenen Lagen nicht miteinander vermischbare Konversionsfarbstoffe  
5 verwendet werden.

Die Konversionsfarbstoffe oder Filterfarbstoffe müssen nicht über die ganze Fläche der Folie vorhanden sein. Es ist beispielsweise möglich einen einzelnen Farbstoff zu verwenden, der nur in mindestens einer Zone der Schutzfolie vorhanden ist. Auf diese Weise kann die durchleuchtete Schutzfolie ein beliebiges Muster zweier Farben  
10 zeigen. So ist es beispielsweise machbar, dass ausgehend von grünen LED zonenweise eine Konversion des grünen Lichtes in weisses Licht stattfindet und so das bekannte grün weiss Muster beispielsweise von Hinweisschildern erzeugt wird.

Natürlich ist es auch möglich mehrere unterschiedliche Konversions- und/oder Filterfarbstoffe in unterschiedlichen Zonen anzuordnen. Mit geeigneten Verfahren,  
15 wie beispielsweise Rakeln oder Aufsprühen mit Masken, kann dies in einer einzigen Lage geschehen. Es ist aber auch möglich unterschiedliche Farbstoffe in unterschiedlichen Zonen in getrennten Lagen anzuordnen. Auf die letzte Art ist es auch möglich in einander verlaufende Farbmuster zu erzeugen, indem sich die Zonen mit unterschiedlichen Farbstoffen lagenweise mindestens teilweise überlagern. Das  
20 Anordnen unterschiedlicher Konversions- oder Filterfarbstoffe in unterschiedlichen Zonen kann im Sinne immer kleiner werdender Zonen sehr weit getrieben werden. So ist es beispielsweise ohne weiteres möglich jedem einzelnen LED des LED-arrays pixelartig eine andere Farbe zuzuordnen, obwohl durchweg beispielsweise blaue LED verwendet werden.

- Man kann aber noch weiter gehen. Es ist beispielsweise mit photolithographischen Verfahren ohne weiteres machbar, auf einer vom LED-array mit monochromatischem Licht gleichmässig hinterleuchteten optisch wirksamen Schutzfolie ein Pixelmuster mit unterschiedlichen Konversions- oder
- 5 Filterfarbstoffen zu erzeugen, bei dem die Pixel deutlich kleiner sind als die von einem LED beleuchtete Zone, wobei die Pixel unterschiedlicher Farbe natürlich in unterschiedlichen Lagen angeordnet sein können. Auf diese Weise können beispielsweise für den Betrachter sonst nicht einfach machbare Mischfarben erzeugt werden.
- 10 Zur Erzeugung der optischen Funktionen Lichtbündelung, Lichtaufweitung oder Lichtumlenkung ist eine Möglichkeit, dass mindestens eine der Aussenflächen und/oder eine der allenfalls vorhandenen inneren Flächen der Schutzfolie mit flachen optisch wirksamen Elementen versehen ist, die wie Linsen oder Prismen wirken. Solche flachen optischen Elemente sind beispielsweise fresnelartig in Ring- oder
- 15 Streifenzonen aufgelöste refraktive Elemente oder mikrooptische diffraktive Elemente. Beide Arten von optischen Elementen können in bspw. in Fluorpolymeren oder in Epoxydharzschichten oder in andern Kunststoffen beispielsweise mittels Prägen erzeugt werden. In den diskutieren Silikonen können entsprechende Strukturen beispielsweise so erzeugt werden, dass eine Silikonschicht auf eine
- 20 Trägerschicht, also beispielsweise auf eine Fluorpolymerschicht, aufgebracht, anschliessend ein Prägewerkzeug in die Silikonschicht eingepresst und schliesslich die Silikonschicht mindestens teilweise ausgehärtet wird.

- Alternativ oder ergänzend zu durch Prägen erzeugen mikrooptischen Elementen im Sinne fresnelartiger Linsen bzw. Prismen kann die Schutzfolie Strukturen zum
- 25 Erwirken einer Lichtumlenkung aufweisen, indem die Folie beispielsweise durch Tiefziehen so umgeformt ist, dass mindestens lokal beispielsweise schalenartige Zonen im Sinne der Oberflächen von Zylinderlinsen und/oder

rotationssymmetrischen Linsen vorhanden sind, wobei diese schalenartigen Zonen mit einem geeigneten transparenten optischen Werkstoff, beispielsweise mit Silikon, hinterfüllt sind. Die Schutzfolie kann zusätzliche Elemente zur diffusen Streuung des Lichts, wie bspw. Mikro-Hohlglaskugeln aufweisen.

- 5 Die genannten beiden Arten optischer Elemente (refraktiv/diffraktiv) unterscheiden sich, im Sinne der Herstellung, im Wesentlichen durch die Tiefe und Feinheit der zu erzeugenden Strukturen und damit durch die Herstellverfahren für die notwendigen Werkzeuge. Methoden für die Erzeugung solcher Strukturen sind bekannt.

Erwähnt sei aber noch, dass die diffraktiven Elemente prinzipiell auf zwei  
10 unterschiedliche Arten aufgebaut sein können. Die erste Art besteht aus einer Vielzahl feinsten rillenartiger Strukturen, die beispielsweise mittels Prägen in transparentes (Durchlicht-Elemente) oder nicht transparentes (Spiegel-Elemente) Material eingebracht werden. Die Dimensionen dieser Strukturen liegen in der Grössenordnung einiger Mikrometer bis hinunter zu Dimensionen die kleiner sind als  
15 die Wellenlänge des verwendeten Lichtes. Die zweite Art besteht, bei entsprechenden Dimensionen, aus nicht transparenten Linien, die beispielsweise mittels Sputtern von Metall und anschliessendem photolithographischem Strukturieren des Metalls auf transparentes Material aufgebracht werden.

Im Falle der Verwendung fresnelartiger refraktiver Elemente wird bekanntlich bei  
20 gegebener Elementtiefe mit grösser werdendem Brechungsindex der verwendeten Materialien der gewünscht optische Effekt stärker. Dies bedeutet beispielsweise, dass bei Einbringung solcher optischen Elemente in die diskutierten, einen niedrigen Brechungsindex zwischen ca. 1.3 und 1.35 aufweisenden Fluorpolymere deutlich tiefere und/oder feiner aufgelöste Strukturen erzeugt werden müssen als  
25 beispielsweise bei Verwendung eines Silikons mit einem Brechungsindex bis zu 1.5.

Noch grössere Wirkung kann durch Verwendung einer, allenfalls zusätzlichen, Schicht des bereits diskutierten PI-Resists oder eines anderen ähnlichen Materials mit einem Brechungsindex von 1.65 bis zu 1.9 erreicht werden.

5     Difffraktive optische Elemente weisen ein optisches Verhalten auf, dass von der Wellenlänge des Lichtes abhängig ist. Der diskutierte, für mikrooptische refraktive Elemente geeignete, PI-Resist weist einen Brechungsindex auf der beispielsweise von blauem zu rotem Licht hin von 1.75 bis 1.65 kontinuierlich abnimmt. Diese beiden Tatsachen führen in Kombination dazu, dass die optische Formation nicht monochromatischen, und damit auch weissen Lichts mit entsprechend aufgebauten  
10    Elementen zumindest nicht einfach ist. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, kann es in einer mehrlagigen Folie von Vorteil sein, wenn das monochromatische Licht zunächst die, auf die entsprechende Wellenlänge optimierte, Bündelungsoptik und erst dann die notwendigen Farbkonversionsschichten durchläuft. Ein solcher schichtweiser Aufbau ist gemäss vorstehenden Ausführungen durch Lamination etc.  
15    herstellbar.

Zur Erzeugung der optischen Funktionen ‚diffuse Lichtstreuung‘ kann allenfalls zusätzlich zu einem der oben geschilderten Aufbauten mindestens eine diffus streuende Oberfläche und/oder eine diffus streuende Schicht verwendet werden. Eine solche kann durch Aufrauung einer der vorhandenen äusseren und/oder inneren  
20    Oberflächen der geschilderten optisch wirksamen Schutzfolie erreicht werden. Möglich Verfahren wie beispielsweise Ätzverfahren, Sandstrahlen, Bürsten, usw. hierfür sind hinlänglich bekannt. Alternativ dazu kann eine diffus streuende dünne oder dicke Schicht auch erzeugt werden, indem beispielsweise in ein transparentes Silikonharz oder in amorphes Teflon AF, eine Vielzahl das Licht streuende kleinen  
25    Körpern eingebracht werden. Dabei ist es von Vorteil, wenn diese Körper das auf sie auftreffende Licht so wenig wie möglich absorbieren, sondern nur reflektieren. Diffuse Lichtverteilung kann dann durch eine Vielzahl von Reflektionen erreicht

werden, auch wenn die einzelne Reflektion nicht diffus ist. Streukörper welche die Forderung nach möglichst geringer Absorption gut erfüllen, sind beispielsweise Mikro-Hohlglaskugeln, die bis hinunter zu Durchmessern von ca. 1  $\mu\text{m}$  am Markt erhältlich sind.

- 5 Ausgehend von einem der geschilderten Schutzfolien-Aufbauten kann eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung der optischen Funktionen Lichtbündelung, Lichtaufweitung oder Lichtumlenkung beschrieben werden. Alle geschilderten Folienaufbauten sind – mindestens bis zu 10% lokaler Dehnung, meist aber deutlich stärker – umformbar. Eine solche Umformung kann beispielsweise mittels
- 10 Tiefziehen erfolgen. Diese Tatsache kann dazu verwendet werden, die Schutzfolie mindestens an einer Stelle lokal so umzuformen, dass schalenartige Zonen im Sinne der Oberflächen von Zylinderlinsen und/oder von rotationssymmetrischen Linsen und/oder von Prismen entstehen. Werden diese schalenartigen Elemente mit einem transparenten Material hinterfüllt, so wirkt diese Hinterfüllung wie eine
- 15 entsprechendes refraktives optisches Element.

- Anstelle der vorstehend beschriebenen Herstellungsverfahren mittels Lamination oder anders ausgestalteten Schichtung verschiedener Lagen kann eine Konversionsfolie oder Diffusorfolie bspw. auch mittels Extrusion eines bereits den Farbstoff bzw. Diffusionskörper enthaltenden Gemischs oder mit einem anderen
- 20 geeigneten Verfahren hergestellt werden.

- Gemäss einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Folie von distanzhaltenden Elementen in einem Abstand zu der lichtemittierenden Fläche der LED-Chips so gehalten, dass keine Wärmebrücke zwischen der Folie und den Chips besteht. Beispielsweise können zwischen der Folie und einem die LED-Chips
- 25 tragenden und elektrisch kontaktierenden Trägerelement Distanzhalteelemente in der

- Form von Stäben oder Stegen aus einem nicht-metallischen thermisch schlecht leitenden Material, bspw. aus Kunststoff oder in der Form einer transparenten Schicht angebracht sein. Es kann auch sein, dass die LED-Chips von druckfesten, die LED-Chip an Höhe überragenden Elementen mit blenden- oder hohlspiegelartigen Öffnungen umgeben sind und dass die Folie als zusätzliche Schutzfolie auf die gemeinsame Oberfläche dieser Elemente aufgebracht ist. Stattdessen kann die Folie auch an zwischen den Elementen angebrachten Distanzhalteelementen oder an auf einer Oberseite der blenden- oder hohlspiegelartigen Elemente angebrachten, thermisch isolierenden Distanzhaltern befestigt sein.
- 5
- 10 Gemäss einem ersten Unteraspekt des ersten Aspekts ist die Folie eine Konversionsfolie oder eine Diffusorfolie, d.h. sie enthält floureszierende Farbstoffe und/oder Diffusoren. Der Floureszenzfarbstoff (er wird hier auch Konversionsfarbstoff genannt) und/oder die Diffusoren sind in einen ersten Schichtaufbau eingebettet. Ein zweiter Schichtaufbau ist auf der den
- 15 lichterzeugenden Elementen zugewandten Seite des ersten Schichtaufbaus angeordnet. Der erste und der zweite Schichtaufbau bestehen je aus einer oder mehreren Schichten. Vorzugsweise besitzen alle Schichten des ersten Schichtaufbaus und alle Schichten des zweiten Schichtaufbaus je einen ähnlichen Brechungsindex, d.h. die Brechungsindexdifferenzen zwischen Schichten innerhalb des ersten bzw.
- 20 des zweiten Schichtaufbaus sind klein, beispielsweise maximal 0.1 oder maximal 0.05. Hingegen gibt es einen substantiellen Unterschied zwischen den Brechungsindizes der Schichten des ersten Schichtaufbaus und der Schichten des zweiten Schichtaufbaus, wobei der Brechungsindex der Schichten des ersten Schichtaufbaus klein – beispielsweise kleiner als 1.5, und der Brechungsindex der
- 25 Schichten des zweiten Schichtaufbaus möglichst gross – beispielsweise grösser als 1.5 – ist. Der Übergang zwischen einer Grenzschicht des ersten Schichtaufbaus und einer Grenzschicht des zweiten Schichtaufbaus ist nicht flach sondern besitzt zur Schichtungsebene einen Winkel bildende oder eventuell gewellte Grenzflächen. In einer bevorzugten Ausführungsform bildet der Übergang im Querschnitt eine

„Zickzack“-Struktur, d.h. die Grenzflächen bilden abwechselungsweise einen negativen und einen positiven Winkel zu der Schichtungsebene. Der Winkel muss im Betrag nicht konstant sein, sondern kann eventuell variieren und bspw. auch im Querschnitt sägezahn-ähnlich verlaufen.

- 5 Der Grund für diesen Aufbau ist der Folgende: Von einem Konversionsfarbstoff oder von einem Diffusor ausgesandtes Licht (im Folgenden „Sekundärlicht“ genannt) ist prinzipiell nicht gerichtet. Aufgrunddessen werden wesentliche Anteile des Sekundärlichtes zurück in die Richtung, in der sich die lichterzeugenden Elemente befinden (also nach „hinten“) oder seitlich abgestrahlt und gehen verloren. Aufgrund  
10 des erfindungsgemässen Aufbaus wird nach hinten abgestrahltes Licht an einer schrägen Grenzfläche zum Lot hin gebrochen. Für einen grossen Teil der – statistisch verteilten – Einfallswinkel ergibt sich ein zum Schichtaufbau flacherer Winkel, so dass an einer hinteren – also vom ersten Schichtaufbau abgewandten – Grenzfläche des zweiten Schichtaufbaus ein grosser Teil des Lichtes zurückreflektiert und  
15 verbleibt in der Folie. Nach einer erneuten Brechung am Übergang zwischen zweitem und erstem Schichtaufbau kann das Licht nach vorne –also nutzbringend – abgestrahlt werden. Wenn die Folie Diffusoren enthält, kann das Licht auch erneut durch Diffusoren gestreut werden.

- Der Wirkungsgrad dieser Anordnung kann noch erhöht werden, wenn auch die  
20 Oberfläche, also der Übergang zwischen dem Schichtaufbau und einem Umgebungsmedium, nicht-ebene Grenzflächen beinhaltet. Beispielsweise kann der Verlauf dieses Übergangs dem Verlauf des Übergangs zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau folgen, so dass die Dicke des ersten Schichtaufbaus in Funktion der Position in der Schichtebene näherungsweise konstant ist.  
25 „Näherungsweise konstant“ heisst beispielsweise, dass die Ausdehnung in z-Richtung (d.h. der Richtung senkrecht zur Schichtungsebene) nicht um mehr als ein Drittel der durchschnittlichen Dicke variiert. Besonders bevorzugt sind

Ausführungsformen, bei denen die Position in z-Richtung des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau und diejenige des Überganges zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium um einen Wert variiert, welcher mindestens  $2/3$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus beträgt. Dann werden

5    Lichtleitereffekte innerhalb des ersten Schichtaufbaus praktisch verhindert.

Insgesamt bringt der Aufbau gemäss dem ersten Unteraspekt also eine erhöhte Abstrahleffizienz bei gegebener Leuchtleistung der lichterzeugenden Elemente.

Das Konzept des ersten Unteraspekts kann auch unabhängig vom ersten Aspekt der Erfindung verwendet werden, beispielsweise indem das vorstehend erläuterte

10    Schichtsystem mit erstem und zweitem Schichtaufbau direkt auf ein OLED (Organisches lichtemittierendes Element) aufgebracht wird. Es kann auch in einer beliebig verwendbaren Konversionsfolie realisiert sein. Eine solche Konversionsfolie besitzt bspw. noch eine Trägerfolie, auf welche das unter Umständen mechanisch nicht stabile erfindungsgemässe Schichtsystem aufgebracht ist. Anstelle einer

15    Konversionsfolie kann das erfindungsgemässe Schichtsystem auch in einer mechanisch steifen Konversionsplatte realisiert sein.

Gemäss einem zweiten Unteraspekt des ersten Aspekts der Erfindung geht es um die vergleichsweise geringe spektrale Breite der Emissionsspektren von Leuchtdioden und der Absorptionsspektren von Konversionsfarbstoffen sowie um das Erzeugen

20    einer homogenen Abstrahlcharakteristik des lichtemittierenden Paneels.

Dazu besitzt das Paneel mit einem Array von elektrisch kontaktierten LED-Chips pro LED-Chip bzw. Einheit von mehreren LED-Chips ein hohlspiegelartiges oder blendenartiges optisches Element, durch welches die abgestrahlte elektromagnetische



Strahlung auf einen vergleichsweise kleinen Raumwinkel um eine Abstrahlrichtung herum konzentriert werden kann. Solche optische Elemente sind in der internationalen Patentanmeldung PCT/CH2004/000263 (insbesondere in Fig. 3a-3h und deren Beschreibung) sowie in den schweizerischen Patentanmeldungen 663/04  
5 (Fig. 1b-1d) und 1425/04 gezeichnet. Auf den Inhalt dieser Patentanmeldungen wird hier diesbezüglich ausdrücklich verwiesen, und deren Inhalt wird hiermit zum Bestandteil dieser Anmeldung gemacht. Gemäss dem zweiten Unteraspekt ist die Konversionsfolie in einem Abstand  $d$  von einem die LED-Chips und die optischen Elemente tragenden Trägerelement angeordnet. Die optischen Elemente sind so  
10 ausgeformt und/oder angeordnet, dass Untergruppen von mehreren LED-Chips bzw. Einheiten von LED-Chips gebildet werden, deren abgestrahltes Licht in der Ebene der Folie – also im Abstand  $d$  – zusammenfällt.

Dies erlaubt in einer ersten Variante, in jeder Untergruppe LED-Chips mit leicht verschiedenen Primärlicht-Wellenlängen zu verwenden, wenn die Folie eine  
15 Konversionsfolie ist. Dann kann die Summe der Emissionsspektren der LED-Chip relativ breit sein. Dadurch wird es möglich, für das erzeugte Sekundärlicht eine konstante Abstrahlcharakteristik bezüglich Helligkeit und Wellenlänge (Farbe) zu erreichen. Dies ist insbesondere dort vorteilhaft, wo ein gleichbleibender optischer Eindruck wichtig ist.

20 Gemäss einer zweiten Variante ist die Folie eine Diffusor-Folie und die LED-Chips sind RGB-Chips mit der geeigneten Mischung (d.h. Chips mit Primärlichtemission in den Farben Rot, Grün und Blau, deren Spektrum sich zu Weisslicht oder zu einem beliebig farbigem Licht ergänzt). Die erfindungsgemässe Ausgestaltung erreicht, dass das Paneel für den Betrachter wirklich als weiss erscheint und nicht bei  
25 genauerem Hinsehen als Überlagerung roter, grüner und blauer Punkte. Besonders vorteilhaft ist diese Variante bei bildschirmartigen Aufbauten, wo die Zusammensetzung roten, grünen und blauen Lichtes Sektor (bzw. Pixel-) weise in

Funktion der Zeit variiert. Ebenfalls sehr geeignet ist sie für Paneele, bei denen die Farbe der Beleuchtung als Ganzes oder in grossen Sektoren sich ändert; solche kommen bspw., in Flugzeugen zum Einsatz, wo die Farbe der Beleuchtung zwischen weiss, blau, rot variieren kann].

- 5 In beiden Varianten kann die Konversions- bzw. Diffusorfolie durch eine Maskenschicht ergänzt sein, welche einen Lichtein- oder eventuell Austritt tritt in die Folie bzw. aus der Folie nur an denjenigen Stellen zulässt, in denen sich die Primärlichtstrahlen kreuzen. So können Randeffekte ausgeblendet werden.

- Besonders bevorzugt – aber nicht zwingend – ist die gleichzeitige Anwendung beider
- 10 Unterasspekte, d.h. die Kombination der Folie mit dem ersten und zweiten Schichtaufbau und dem nicht-flachen Übergang mit dem vorstehend erläuterten zweiten Unterasspekt.

- Gemäss den verschiedenen Ausführungsformen des ersten Aspekts kann die Folie so angeordnet sein, dass keine Wärmebrücke zu den LED-Chips vorhanden ist, und dass
- 15 die Folie daher vergleichsweise kühl bleibt. Dies erlaubt die Verwendung auch von Konversionsfarbstoffen, deren Quanteneffizienz schon bei Temperaturen um 50°C oder bei leicht darüber liegenden Temperaturen stark abnimmt. Im Vergleich zum Stand der Technik stehen also deutlich mehr Konversionsfarbstoffe zur Verfügung, darunter auch besonders effiziente und/oder besonders kostengünstige anorganische
- 20 Farbstoffe.

Gemäss einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Paneel mit einem Trägerelement und einer Vielzahl von ungehäusten LED-Chips zur Verfügung gestellt, wobei jedem LED-Chip oder jeder Einheit von wenigen beieinander

angeordneten LED-Chips eine Hülle zugeordnet ist, welche den Konversionsfarbstoff enthält und direkt auf dem LED-Chip/den LED-Chips bzw. einer oder mehreren diesen lokal Umgebenden transparenten Schutzschichten aufliegt. Die Dicke der gesamten Hülle ist so, dass sie der Form des Chips folgt. Die Hülle ist bspw. in einem Dünnschichtverfahren hergestellt. Vorzugsweise beträgt die Dicke weniger als die Dicke des – oft flächigen – LED-Chips, vorzugsweise mindestens um einen Faktor 2, beispielsweise mindestens um einen Faktor 4. Sie beträgt bspw. höchstens 10  $\mu\text{m}$ , bspw. maximal 5  $\mu\text{m}$  oder maximal 2  $\mu\text{m}$ . Dies ist deutlich weniger als die machbare minimale Chipdicke von heute 50 bis 100  $\mu\text{m}$ . Als alternatives Kriterium kann man definieren, dass das Volumen der Farbstoff enthaltenden Schicht pro LED und zugehörigem Pad für einen Drahtbond das Volumen des LED-Chip höchstens um wenig, bspw. höchstens um einen Faktor 2 übersteigt oder gar nicht übersteigt.

Vorzugsweise ist die aufgebrachte, Konversionsfarbstoff homogen verteilt oder in einer Lage angereichert enthaltende, Schicht so dünn aufgetragen, dass sie – ggf. nach dem Aushärten – so dünn ist, dass sie homogen die Form des Chips nachvollzieht. Das bedeutet, dass die in einer Lichtemissionsrichtung gemessene Dicke der Schicht über den Chip um nicht mehr als 30%, vorzugsweise nicht mehr als 20 %, besonders bevorzugt nicht mehr als 10% variiert. In diesem Fall ist sichergestellt, dass jeder aus dem Chip austretende Strahl kurzwelligen Lichtes (UV-Strahlung wird gemäss der in diesem Text verwendeten Definition auch als ‚Licht‘ bezeichnet) genau dieselbe Menge Farbstoff sieht und so unterschiedliche Farben bei unterschiedlichen Austrittsorten vermieden werden. Dies ist besonders vorteilhaft bei gewissen neueren erhältlichen Chips, die mittels ihrer Form, bspw. mittels schräg stehender Seitenflächen, für wesentlich gesteigerte Lichtaustrittseffizienz sorgen. Bei neueren Chips, welche von der Firma Cree angeboten werden, tritt beispielsweise mehr als 70% des Lichtes zu den schrägen Seitenflächen aus. Die Schicht zur Konversion – sie dient im Allgemeinen der Konversion des von den LED-Chip

abgestrahlten kurzwelligen Lichtes zu einer grösseren Wellenlänge hin – bedeckt also vorzugsweise alle offenen Seiten der LED-Chips möglichst gleichmässig.

Für die Serienproduktion wird die Umhüllung der Chips eines Panels gleichzeitig in einem ‚Batch‘-Prozess, beispielsweise im Vakuum mittels einer Maske so  
5 aufgebracht, dass definierte Zonen entstehen, in welchen jeweils ein Chip und eventuell ein Kontaktpad/Kontaktpads von diesen kontaktierenden Drahtbonds eingebettet ist/sind.

Nebst der mindestens teilweisen Frequenzkonversion der von den Chips erzeugten elektromagnetischen Strahlung erfüllt die Hülle auch eine Schutzfunktion.

10 Als Techniken zum Aufbringen der Schicht – mit oder ohne Maske – kommen bspw. folgende Methoden in Frage:

Aufsprühen: Die Konversionsfarbstoffe können mit einem geeigneten, optisch transparenten Trägermaterial so vermischt werden, dass sie erstens in genügender Konzentration im Trägermaterial enthalten sind und dass zweitens die Mischung in  
15 ihrer Viskosität so hergestellt wird, dass sie in dünnen Schichten aufsprühbar ist. Da besonders die organischen Farbstoffe eine immer bessere Lebensdauer aufweisen, je besser sie gegen Wasser, Wasserdampf und Sauerstoff geschützt sind, kommen mit Vorteil optisch transparente Trägermaterialien wie transparente Silikone oder amorphe Fluorpolymere, wie beispielsweise Teflon AF der Firma Dupont, zum  
20 Einsatz. Bei Verwendung der pulverförmigen anorganischen Farbstoffe erfolgt dieses Mischen über ein Einmischen in das, allenfalls mit einem Lösungsmittel verdünnte, Trägermaterial (im Folgenden auch Matrix-Material genannt). In der Regel haben dabei die Farbstoffkörner Durchmesser von deutlich mehr als einem Mikrometer. Es

- ist aber auch möglich, nanostrukturierte anorganische Farbstoffe, deren Korngrösse kleiner als die Lichtwellenlänge ist, einzumischen. Bei nanostrukturierten Farbstoffen gibt es keine Lichtstreuung an Farbstoffkörnern. Verfahren zur wirtschaftlichen Herstellung solcher nanostrukturierten Farbstoffe sind an vielen
- 5 Orten weltweit in Entwicklung. Bei Verwendung organischer Farbstoffe, die meist auch in Pulverform angeliefert werden, ist natürlich prinzipiell dasselbe Vorgehen denkbar. Organische Farbstoffe können aber auch, bei voller Wirksamkeit, in sehr geringer Konzentration, d.h. in wenigen Volumenprozenten und weniger, in geeigneten Lösungsmitteln gelöst werden und in dieser Form mit dem Trägermaterial
- 10 vermischt werden. Dies kann besonders effizient geschehen, wenn das Trägermaterial mit denselben Lösungsmitteln verdünnt werden kann. Viele organische Farbstoffe und viele geeignete Silikone können beispielsweise in Toluol gelöst werden. Auf diese Weise kann eine homogene Mischung erzeugt werden, bei der nach dem Austreiben des Lösungsmittels das optisch transparente Trägermaterial
- 15 den Farbstoff so beinhaltet, dass keine Streuung des Lichtes geschieht. Generell ist die Verwendung gelöster organischer Farbstoffe besonders bevorzugt, da keine Streuungen bewirkt werden. Das aufgesprühte Gemisch enthält typischerweise höchstens einige wenige Prozent Farbstoff, oft weniger als 1% oder gar weniger als 0,1%.
- 20 Ein Sprühprozess kann so gefahren werden, dass in einem Arbeitsgang die gesamte Fläche eines LED-Arrays quasi gleichzeitig mit einer dünnen Schicht des gesprühten Materials beschichtet werden kann. Insbesondere ist es auch möglich den Sprühprozess so zu fahren, dass nicht nur die ebenen Flächen, sondern auch die geneigten oder annähernd senkrechten Seitenflächen der LED-Chip beschichtet sind.
- 25 Dünnschicht-Verfahren: Gemäss einer zweiten Möglichkeit können die Konversionsfarbstoffe auch mit einem sogenannten Dünnschicht-Verfahren wie Aufdampfen oder Sputtern oder allen deren Weiterentwicklungen und Abarten wie

beispeilswiese Chemical Vapour Deposition (CVD), Physical Vapour Deposition (PVD), jeweils inklusive Unterarten wie Laser-CVD etc., Plasmabeschichtung, Laserbeschichtung, etc. aufgebracht werden. Der Einfachheit halber werden in den folgenden Ausführungen alle diese Verfahren unter dem Begriff Vakuum-  
5 Beschichtung zusammengefasst.

Diese Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass die Farbstoffe in sehr dünnen Schichten so aufgebracht werden können, und dass sie den LED-Chip an allen offenen Flächen gleichmässig bedecken. Dabei kann die Dichte der entstehenden Schicht so gesteuert werden, dass das von den LED-Chip abgegebene Licht  
10 vollständig oder nur zu einem definierten Teil aufgenommen und gewandelt wird.

Die Schichtdicken von denen die Rede ist betragen in der Regel nur wenige nm bis wenige 100 nm, beispielsweise bis maximal 500 nm.

Da besonders die organischen Farbstoffe eine immer bessere Lebensdauer aufweisen, je besser sie gegen Wasser, Wasserdampf und Sauerstoff geschützt sind, ist es von  
15 Vorteil wenn im Zuge der Vakuum-Beschichtung – und möglichst ohne das Vakuum zu brechen – eine entsprechende Schutzschicht entsteht.

Dies ist möglich indem der Vakuum-Beschichtungsprozess so gefahren wird, dass mindestens zwei unterschiedliche Materialien gleichzeitig und hintereinander beschichtet werden. Das eine Material ist dann der Konversionsfarbstoff oder eine  
20 Konversionsfragstoff-Mischung während das andere Material ein optisch transparentes Schutzmaterial wie beispielsweise  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiO}_x\text{N}_x$  ist. Das optisch transparente Schutzmaterial wird mindestens unmittelbar auf der Farbstoffschicht, besser aber unterhalb und oberhalb der Farbstoffschicht und noch besser auch mit

dem Farbstoff einer Schicht vermischt vorhanden ist. Der Prozess kann dann beispielsweise so ablaufen, dass zunächst allenfalls eine  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiO}_x\text{N}_x$  Schicht von einigen 10 nm Dicke erzeugt wird. Danach folgt eine Schicht von einigen 10 nm Dicke in der Konversionsfarbstoffe und  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiO}_x\text{N}_x$  in geeigneter Mischung vorhanden sind und schliesslich kann nochmals eine  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiO}_x\text{N}_x$  Schicht von  
5 einigen 10 nm Dicke folgen. Auf diese Weise kann ein organischer Farbstoff vollständig in schützendes Material eingebaut und damit optimal geschützt werden.

Die Begriffe „unten“ und „oben“ bzw. „unterhalb“ und „oberhalb“ sind in diesem Text generell auf die Abstrahlrichtung bezogen, d.h. „oben“ ist diejenige Richtung,  
10 in die Licht abgestrahlt wird, während „unten“ die von den LED-Chips aus gesehen hintere Seite der Lichtquelle, also des Leuchtpanels bezeichnet.

Eine derartige Schicht oder Schichtfolge mit einem schützenden Material wie  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiO}_x\text{N}_x$  hat den weiteren Vorteil, dass natürlich nicht nur die organischen Farbstoffe, sondern auch alle unter ihr liegenden Bauteile, also insbesondere die LED-  
15 Chip und deren elektrische Verbindungen optimal gegen chemische Umwelteinflüsse schützt, so dass mit nochmals verbesserter Lebensdauer des gesamten LED-Arrays gerechnet werden kann.

Gemäss einem ersten Unteraspekt des zweiten Aspekts wird die Konversionshülle – bspw. unter Zuhilfenahme einer Maske – auf das Paneel mit bereits elektrisch  
20 kontaktierten (gebondeten) Chips aufgebracht. Der Chip und auch die elektrischen Kontakte sind dann komplett geschützt vor Sauerstoff und passiviert. Wenn das Aufbringen der Konversionshülle im Vakuum geschieht, können alle Vakuum-Prozesse ablaufen, ohne dass das Vakuum gebrochen wird.

Gemäss einem zweiten Unteraspekt des zweiten Aspekts wird die Konversionshülle auf das Paneel aufgebracht, welches noch nicht elektrisch kontaktierte bzw. erst auf ihrer Unterseite elektrisch kontaktierte (durch „die bonding“ befestigte) Chips aufweist. Dann müssen die elektrischen Kontakte für die zweite elektrische Kontaktierung – also sowohl die „Pads“ als auch eine Kontaktfläche auf der Vorderseite der Chips – beim Versehen mit der Konversionshülle frei gelassen werden. Eine anschliessende Kontaktierung kann beispielsweise mittels eines transparenten elektrisch leitfähigen Materials erfolgen, welches flächig lokal auf eine Umgebung des Chips aufgebracht wird, oder mittels eines auf dem Chip radial verlaufende schmale Streifen bildenden metallischen Materials. Das spart einerseits einen Drahtbond und ermöglicht andererseits, dass ein Potential zum Platz sparen besteht: Ein Kontakt-„Pad“ kann als schmaler, den Chip umgebender Streifen ausgebildet sein und muss nicht als verhältnismässig grosse, neben dem Chip ausgebildete Fläche vorhanden sein. Dies ermöglicht, eine Erhöhung der Packungsdichte, zumindest in Ausführungsformen, in denen diese nicht durch den Wärmeabtransport begrenzt ist.

In diesem und in anderen Fällen ist es zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des fertigen LED-Arrays notwendig, dass die entstehende Farbkonversions-Schicht nur an definierten Stellen des LED-Arrays vorhanden ist. Es kann bspw. auch nützlich sein, wenn die Farbkonversionsschicht an gewissen andern Stellen des Trägers dazu „missbraucht“ wird, dass eine lokal passivierte Stelle, beispielsweise im Sinne eines Lötstopps, entsteht.

Eine solche strukturierte Farbkonversionsschicht kann erzeugt werden, indem der Prozess des Aufbringens mittels einer sogenannten Schattenmaske geschieht, welche nur die zu beschichtenden Bereiche zugänglich lässt. Da sich die Genauigkeit mit der eine solche Maske hergestellt und aufgelegt werden muss im Bereich von bis zu  $\pm 0.1$  mm bewegt, ist ein solcher Prozess einfach zu beherrschen. Eine Schattenmaske



kann – mit entsprechend etwas reduzierter Genauigkeit – auch beim vorstehend beschriebenen Sprühprozess zum Einsatz kommen.

Mit „fluoreszierenden Farbstoffen“ oder „Phosphoren“ sind in diesem Text immer Farbstoffe gemeint, die elektromagnetische Strahlung einer ersten Wellenlänge absorbieren und daraufhin elektromagnetische Strahlung einer zweiten, davon  
5 verschiedenen Wellenlänge abgeben. Phosphoreszierende Farbstoffe – d.h. Farbstoffe der genannten Art, bei denen zwischen der Absorption und der Emission eine gewisse Zeit verstreicht – sind ausdrücklich mitgemeint.

Als solche fluoreszierende Farbstoffe sind organische oder anorganische Farbstoffe  
10 bekannt. Anorganische derartige Farbstoffe existieren in grosser Zahl. Bekannte Beispiel sind:  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ,  $\text{ZnS}:\text{Cu}:\text{Mn}$ ,  $\text{ZnS}:\text{Cu}$  oder  $\text{SrGa}_2\text{S}_4 : \text{Eu}^{2+}$  etc. Organische solche Farbstoffe, auch als Laser Dyes bekannt, gibt es in schier unbegrenzter Auswahl Beispiel sind die unter dem Handelsnamen Lumogen bekannten Farbstoffe der Firma BASF, Yellow 172 der Firma Neeliglow, Indien, und  
15 Laser Dyes wie Coumarin 6, Coumarin 7, Fluorol tGA, DCM, Pyridine 1, Pyrromethene 546, Uranin und Rhodamine 110, die bei zahlreichen Händlern erhältlich sind.

Im Folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung anhand von Zeichnungen näher beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

20 - Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Folie für ein Leuchtpaneel gemäss dem ersten Unteraspekt des ersten Aspekts der Erfindung.

- Fig. 1a eine Ansicht eines möglichen Verlaufs des Übergangs zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau in einer Folie gemäss Fig. 1.
- Fig. 1b einen schematischen Querschnitt durch ein Leuchtpaneel gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung.
- 5 - Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch einen Ausschnitt aus einem Leuchtpaneel gemäss dem zweiten Unteraspekt des ersten Aspekts der Erfindung.
- Fig. 3 eine qualitative Darstellung der Überlagerung der Emissionsspektren von mehreren verschiedenen LED-Chips und zum Vergleich ein  
10 Absorptionsspektrum eines Konversionsfarbstoffes
- Fig. 4 und Fig. 4a einen Querschnitt durch das Prinzip je einer Reflex-OLED-Folie.
- Fig. 5 einen Ausschnitt eines Leuchtpaneels gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung im Querschnitt.
- 15 - Fig. 6 und 6a je einen Ausschnitt eines weiteren Leuchtpaneels gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung.
- Figuren 7a bis 7e zeigen die schematischen, nicht massstäblichen Querschnitte unterschiedlicher Ausführungen von Schutzfolien mit einer einlagigen Farb- bzw.

Phosphorschicht zur Lichtkonversion oder –filterung eines Lichtemittierenden Paneels gemäss dem ersten Aspekt.

5 - Figuren 8a bis 8d zeigen die schematischen, nicht massstäblichen Querschnitte unterschiedlicher Ausführungen von Schutzfolien mit mehrlagig angeordneten unterschiedlichen Farb- bzw. Phosphorschichten zur Lichtkonversion und/oder -filterung.

10 - In den Figuren 9a bis 9d sind die schematischen, nicht massstäblichen Querschnitte unterschiedlicher Ausführungen von Schutzfolien mit einlagig oder mehrlagig in Zonen bzw. pixelartig angeordneten unterschiedlichen Farb- bzw. Phosphorschicht zur Lichtkonversion und/oder –filterung dargestellt.

- Fig. 10 zeigt den schematischen, nicht massstäblichen Querschnitt einer Schutzfolie mit Farb- bzw. Phosphorschichten zur Lichtkonversion oder –filterung und einer zusätzlichen Schicht zur diffusen Lichtstreuung.

15 In Figur 1 gezeichnete Folie 10 dient dazu, von lichtemittierenden Elementen ausgesandte elektromagnetische Strahlung (Licht, UV-Licht) mindestens teilweise in Licht längerer Wellenlänge umzuwandeln. In der gewählten Darstellung trifft Primärstrahlung von unten her auf die Folie und wird als Sekundärstrahlung gegen oben („gegen vorne“) abgestrahlt. Die Folie besitzt einen ersten Schichtaufbau bestehend aus einer ersten Schutzschicht 11, einer Konversionsschicht 12, d.h. einer an sich transparenten Schicht mit mindestens einem Konversionsfarbstoff, und eine  
20 auf der den lichtemittierenden Elementen zugewandten Seite des ersten Schichtaufbaus ist ein zweiter Schichtaufbau vorhanden, welcher im gezeichneten Beispiel aus einer einzigen Schicht, nämlich der Reflexionsschicht 15

besteht. Der Übergang zwischen der zweiten Schutzschicht 13 und der Reflexionsschicht 15 ist nicht flach, sondern besteht aus schrägen, d.h. zur Schichtungsebene – also der Horizontalen – einen Winkel bildenden Flächen. Die Flächen können bspw., wie das in der **Figur 1a** skizziert ist, so verlaufen, dass  
5 jeweils vier Teilflächen (linke Zeichnung) oder sechs Teilflächen (rechte Zeichnung) in der Art von Pyramiden zu einer Spitze 13.1 hin zulaufen. Die gezeichnete Pyramidenform ist aber nicht zwingend; es können bspw. auch ungleiche Flächen vorhanden sein oder es kann eine andere Form gewählt werden. Wichtig ist lediglich, dass eine Mehrheit der den Übergang bildenden Grenzflächen zur Schichtungsebene  
10 einen Winkel bildet. Dies kann unter Umständen auch durch eine Welligkeit des Übergangs erreicht werden.

Der Winkel der Grenzflächen zur Schichtungsebene – also in der gezeichneten Anordnung der Winkel zwischen der Grenzflächen-Normale und der Vertikale – beträgt zwischen  $10^\circ$  und  $60^\circ$ , vorzugsweise mindestens  $12^\circ$  und höchstens  $45^\circ$ .

15 Besonders gute Ergebnisse werden erzielt, wenn nebst dem Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau auch der Übergang zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium – i.A. Luft – , also die äussere Oberfläche der Folie Grenzflächen aufweist, welche zur Horizontalen einen Winkel bilden. Vorzugsweise ist auch der Winkel dieser Grenzflächen zur Schichtungsebene  
20 zwischen  $12^\circ$  und  $45^\circ$ .

Die Verläufe der beiden genannten Übergänge können im Prinzip voneinander unabhängig sein. Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform sind die Grenzflächen aber so ausgestaltet, dass die Variation der Position des Übergangs zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau – also die Pyramidenhöhe entsprechend quasi der  
25 „Auslenkung“ in z-Richtung –mindestens  $2/3$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus

beträgt. Die Auslenkung kann beispielsweise dem Betrag der Dicke des ersten Schichtaufbaus entsprechen. Dann muss der Verlauf der Grenzflächen korreliert sein. Idealerweise folgen wie in der Figur 1 gezeichnet die Flächen einander, so dass die z-Ausdehnung des ersten Schichtaufbaus konstant bleibt.

- 5 In dieser Ausführungsform wird der laterale Lichttransport ganz unterbunden.

- Die Schichten des ersten Schichtaufbaus besitzen einen möglichst kleinen und möglichst ungefähr gleichen Brechungsindex, beispielsweise  $n \approx 1.3$ . Beispielsweise kann die Konversionsschicht – bis auf die Konversionsfarbstoffe – ein Fluorpolymer wie bspw. ein unter dem Handelsnamen Teflon erhältlicher Kunststoff sein. Die erste und zweite Schutzschicht können beispielsweise ebenfalls aus Teflon bestehen. Alternativ dazu können die Schutzschichten auch aus Materialien bestehen, die einen leicht höheren Brechungsindex haben, beispielsweise zwischen 1.4 und 1.5. Es kommt also auch Glas bzw.  $\text{SiO}_x$  in Frage, welches durch Aufdampfen oder Ausputtern aufgebracht wird. Ein weiteres mögliches Material ist aufgesprühtes Silikon. Die Schichten des ersten Schichtaufbaus müssen ganz allgemein folgende Eigenschaften haben:
- 10
- 15

- Optisch hohe Transparenz in einem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1'000 nm; in diesem Bereich soll die Transmissivität mindestens 90% bei einer Dicke von 100  $\mu\text{m}$  betragen.
- 20 - Minimales Ausgasen bei Temperaturen von bis zu 100°C, da sonst in Herstellung oder Betrieb Blasen entstehen können.

- Die Konversionsschicht muss ein Auflaminieren oder Aufsprühen und Aushärten der beiden Schutzschichten schadlos und ohne Ausgasen überstehen. Falls die Schutzschichten aus Teflon bestehen, heisst dies beim Laminieren bei bis zu 350°C während einiger Sekunden.

- 5     - Die erste und zweite Schutzschicht sollen wasser- und wasserdampfdicht sein und nur eine geringe Diffusion von molekularem Sauerstoff zulassen. Idealerweise sind sie dünn im Vergleich zur den Farbstoff enthaltenden Schicht.

Die Reflexionsschicht bzw. die Schicht des zweiten Schichtaufbaus ist/sind wie die erste und zweite Schutzschicht transparent und besitzt/besitzen einen hohen Brechungsindex, beispielsweise  $1.6 < n$ . Zum Beispiel kann die Reflexionsschicht aus Polyimid ( $n=1.8$ ) bestehen. Die Reflexionsschicht kann sehr dünn sein, beispielsweise 10 µm oder weniger und dar deshalb eine deutlich schlechtere Transmissivität aufweisen, beispielsweise eine Transmissivität von mindestens 90% bei einer Dicke von 20 µm. Der Wirkungsgrad der Folie wird noch besser, wenn die Reflexionsschicht einen noch höheren Brechungsindex aufweist. Es existieren transparente Materialien mit Brechungsindizes deutlich über 2, bspw. GaP, GaN, SiC, oder die sogenannten HMO-Gläser (Heavy-Metal-Oxide-Gläser). Diese Materialien sind aber zum Teil Dünnschicht-Materialien (d.h. gegenwärtig nur mit Dünnschichtverfahren aufzubringen). Da die Dicke der Reflexionsschicht den „Hub“ der Konversionsschicht (d.h. die Amplitude der Änderung der z-Position des Übergangs zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau) ausgleichen muss, bedeutet das einen sehr kleinen Hub und daher vorzugsweise eine sehr dünne Konversionsschicht von bis zu weniger als 1 µm. Dafür geeignete Farbstoffe (nanostrukturiert, oder gelöst in der Konversionsschicht) sind zum Teil schon erhältlich oder in Labors in Arbeit.

Die gesamte Schichtdicke der Schichten des ersten Schichtaufbaus beträgt beispielsweise zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 200  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise weniger als 100  $\mu\text{m}$ . Die Dicke der Reflexionsschicht variiert in der gezeichneten Ausführungsform als Funktion der x- und y-Position; auch sie kann zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 200  $\mu\text{m}$  betragen.

- 5 Bei geringen Dicken der ganzen Folie wird die Folie auf einem transparenten Träger (bspw. 1 mm Acrylglas) aufgebracht.

Abweichend von der hier beschriebenen Ausführungsform kann bspw. die zweite Schutzschicht 13 auch einen hohen Brechungsindex aufweisen; sie gehört dann zum zweiten Schichtaufbau.

- 10 Ausserdem sollen alle Schichten eine hohe Langzeit-Stabilität, aufweisen d.h. kein Vergilben und kein Verspröden zeigen. Der Verlust an Transmissivität beträgt beispielsweise maximal 10% nach einer Betriebsdauer von 100'000 Stunden bei 50°C. Unter denselben Bedingungen einer Betriebsdauer von 100'000 Stunden bei 50°C werden die Materialien auch nicht brüchig.
- 15 Die Funktionsweise der Konversionsfolie ist die Folgende (vgl. auch den skizzierten Strahlengang in Fig. 1): von unten eintretende elektromagnetische Primärstrahlung – beispielsweise blaues oder ultraviolettes Licht oder auch sichtbares Licht einer anderen Wellenlänge– koppelt durch die Reflexionsschicht ein trifft auf die Farbstoffe in der Konversionsschicht. Hier wird längerwelliges Licht in alle
- 20 Richtungen abgegeben. Ein beträchtlicher Teil des nach hinten (d.h. in Richtung zurück zu den lichterzeugenden Elementen) abgestrahlten, längerwelligen Sekundärlichtes wird durch die Übergangsstruktur 13 in einer Weise gebrochen, dass der Winkel zur Schichtebene flacher wird und dass an der unteren Grenzfläche der Reflexionsschicht – also im Allgemeinen der Grenzfläche zwischen der
- 25 Reflexionsschicht und Luft –ein Grossteil des Lichtes reflektiert wird. Dieses Licht

wird dann beim Übergang in den ersten Schichtaufbau erneut gebrochen und dabei nur zu einem kleinen Teil zurückreflektiert, da es aufgrund der ersten Brechung annähernd lotrecht zu den schrägen Flächen eintrifft. Das Licht kann ungehindert durch die Schichten des ersten Schichtaufbaus propagieren und wird aufgrund des  
5 kleinen Brechungsindex der Schichten des ersten Schichtaufbaus und der im Übergangsbereich zum Umgebungsmedium schrägen Flächen auch zu einem grossen Prozentsatz nach vorne abgestrahlt.

Modellrechnungen zeigen, dass der Prozentsatz an nach vorne abgestrahltem Licht von weniger als 25% (ebene Konversionsfolie mit einem Brechungsindex von ca.  
10 1.5) auf ca. 40-50% erhöht werden kann, indem gemäss der Erfindung ein erster und ein zweiter Schichtaufbau mit Brechungsindizes von 1.3 bzw. 1.8 verwendet werden und der Übergang zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau aus gegenüber der Horizontalen um ca. 20°-30° verkippten Grenzflächen besteht. Der Prozentsatz kann auf ca. 70% erhöht werden, indem wie in der Figur 1 auch die äussere Oberfläche der  
15 Folie aus schrägen Pyramidenflächen zusammengesetzt wird (Winkel: optimalerweise ebenfalls zwischen 20° und 30°).

Insbesondere die zweite Schutzschicht ist optional und kann weggelassen werden. Anstelle einer Konversionsschicht kann die Folie 10 eine Diffusorschicht aufweisen, d.h. anstelle eines Farbstoffs sind in der entsprechenden Schicht Diffusoren  
20 vorhanden. In diesem Fall kann im Gegensatz zur obigen Beschreibung das zurückreflektierte Sekundärlicht nicht ungehindert zur Aussenseite propagieren sondern kann erneut durch die Diffusoren gestreut werden, es dient also quasi erneut als Primärlicht.

Die ganze Folie kann auf einer ebenen Trägerschicht – bspw. Glas – mit guter  
25 Transmissivität angebracht sein.



Ein erfindungsgemässes Leuchtpaneel ist schematisch in **Figur 1b** dargestellt. Das Paneel besitzt ein Trägerelement 101 aus einem beispielsweise elektrisch leitfähigen Material sowie eine Schichtfolge 102 von elektrisch isolierenden und elektrisch leitenden, strukturierten Schichten. Elektrisch leitenden, strukturierten Schichten können bspw. ein bestimmtes Muster von Leiterbahnen und Kontaktpads bilden. Die strukturierten elektrisch leitenden Schichten und eventuell auch das Trägerelement dienen für die elektrische Kontaktierung der LED-Chips 103, wozu eventuell auch noch Drahtbonds 109 benötigt werden. In der Figur ist die Strukturierung der leitenden Schichten nicht wiedergegeben. Das Leuchtpaneel besitzt ein oder mehrere mit dem Trägerelement mechanisch verbundene Basiselemente 104 mit blenden- oder hohlspiegelartigen Öffnungen 105. In der gezeichneten Ausführungsform besitzen die Öffnungen eine parabolspiegelartige Oberfläche, welche zusammen mit der Blendenwirkung dazu beiträgt, dass Licht gerichtet nach vorne (in der Figur nach oben) abgestrahlt wird. Bezüglich eines möglichen Aufbaus von Trägerelement und Basiselementen wird auf die bereits erwähnten Patentanmeldungen PCT/CH2004/000263, CH 663/04 und CH 1425/04 verwiesen.

Eine Folie 100 mit Konversionsfarbstoff befindet sich entweder unmittelbar auf einer Oberfläche der Basiselemente oder wird durch abstandhaltende Elemente in einem Abstand  $d$  vom Trägerelement angeordnet. Die in Figur 1b gezeichnete Folie ist im Gegensatz zur Folie von Figur 1 so ausgestaltet, dass nur der Übergang zwischen erstem und zweitem Schichtaufbau aus schrägen Flächen besteht. Abstandhaltende Elemente sind vorzugsweise thermisch gut isolierend (d.h. Wärmeleitfähigkeit kleiner als 1.5 W/m, vorzugsweise kleiner als 0.5 W/mK) und können in der Form von Klötzchen, Stäben, Stegen oder ähnlich auf den Basiselementen 104 vorhanden sein (Stäbe 106) oder direkt auf dem Trägerelement oder dessen Beschichtungen abstützen (Stege 107). Sie können auch als transparente Schicht 108 ausgebildet sein, welche die Basiselemente überzieht.

Es ist auch möglich die Folie (+Trägerschicht) gesamthaft in einem „Rahmen“ zu befestigen, den sie gemeinsam mit dem LED-Paneel hat. Ein solcher Rahmen kann auch mehrseitig (bis allseitig) offen sein, also z.B. nur aus einer begrenzten Anzahl, z.B. vier „Pfosten“ bestehen. Zur Seite hin offen ist vorteilhaft, weil dann Luft  
5 zirkulieren kann und der Wärmetransport zu Folie hin noch kleiner wird.

Die abstandhaltenden, thermisch und daher meist auch elektrisch isolierenden Elemente 106, 107, 108 können auch im Zusammenhang mit Konversionsfolien verwendet werden, welche die beschriebene Strukturierung mit dem ersten und zweiten Schichtaufbau nicht aufweisen. Wichtig ist dann die thermische  
10 Entkopplung zwischen einer eine Vielzahl von LED-Chips überspannenden Folie und den LED-Chips bzw. deren Träger und ggf. Basiselementen. Dies erlaubt wie bereits dargelegt die Verwendung von Farbstoffen, deren Effizienz in Funktion der Temperatur schon bei Temperaturen um 50°C rasch abnimmt.

Andererseits kann die Folie gemäss Figur 1 auch ohne die in Figur 1b dargestellten  
15 Basiselemente zum Einsatz kommen. Die Bündelungswirkung, die diese Basiselemente haben, ist nicht unbedingt notwendig, sie erhöht aber den Wirkungsgrad der Einkoppelung in den ersten Schichtaufbau. Das Leuchtpaneel in **Figur 2** ist beispielsweise ebenfalls nach dem in den Figuren 1, 1a und 1b beschriebenen Prinzip aufgebaut. Es unterscheidet sich vom Leuchtpaneel von Fig.  
20 1b in folgenden Eigenschaften:

- Das Trägerelement 23 ist lokal räumlich zu Schalen gebogenen oder – wenn es mechanisch nicht steif ist – ist auf einem lokal schalenförmigen Stützelement aufgebracht. Dadurch gibt es eine Überschneidung der von den LED-Chips 25 einer Untergruppe – eine solche kann bspw. aus vier bis sechzehn LED-Chips  
25 bestehen – ausgesandten und von den blenden- oder hohlspiegelartigen

Elementen 24 gebündelten Lichtstrahlen in einem Abstand  $d$  zum Trägerelement. Der Abstand  $d$  entspricht dem Abstand der Folie vom eigentlichen Paneel-Grundkörper 22. Das ganze Trägerelement kann insgesamt eine grosse Anzahl von rasterartig angeordneten, schalenartigen Abschnitten mit je einer Untergruppe von LED-Chips besitzen.

- Die Konversionsfolie 20 (oder Diffusor-Folie) besitzt optional an ihrer Hinterseite (d.h. der den LED-Chips zugewandten Seite) eine zusätzliche Maskenschicht 21, die Licht nur dort durchlässt, wo die eigentlichen Lichtstrahlen hin gerichtet sind. Dadurch werden eventuelle Randeffekte ausgeblendet.

- Die LED-Chips emittieren in verschiedenen Wellenlängen. Das bedeutet nicht, dass notwendigerweise jeder Chip einer Untergruppe eine individuelle Wellenlänge haben muss, sondern dass mindestens zwei Chips einer Untergruppe verschiedene Emissionswellenlängen haben. Beispiele für eine Untergruppe von neun Chips sind Wellenlängen von 455, 457.5, 460, 462.5, 465, 467.5, 470, 472.5 und 475 nm falls die Folie eine Konversionsfolie ist oder 3 rote, 2 grüne und 4 blaue Chips falls die Folie eine Diffusor-Folie ist.

Die hohlspielgelartigen oder blendenartigen optischen Elemente 24 können abweichend von der gezeichneten Ausführungsform auch untereinander zusammenhängend, also Teile eines Basiselementes 14 der in Fig. 1b rechts gezeichneten Art sein.

Der Vorteil dieses Vorgehens für den Fall von mehreren blaues Licht emittierenden LED-Chips ist in **Figur 3** illustriert. Dort sind supponierte, jedoch realistische

Emissionsspektren 32 von neun LED-Chips (feine durchgezogene Linien) sowie deren Summe 31 (dicke durchgezogene Linie), jeweils normiert, gezeichnet. Ebenfalls dargestellt ist das Absorptionsspektrum 33 eines Konversionsfarbstoffes. Der Darstellung kann man entnehmen, dass bei einer Verschiebung – beispielsweise  
5 aufgrund von Temperaturänderung, Alterung etc. – der zentralen Emissionswellenlänge eines einzelnen LED-Chips auch um beispielsweise weniger als 5 nm der Prozentsatz absorbierten Lichtes massiv ändern kann. Dadurch wird – das kann in der Praxis beobachtet werden – sich die vom Betrachter wahrgenommene Farbe des Leuchtpaneels markant ändern, beispielsweise kann das  
10 Paneel als grün statt als weiss wahrgenommen werden. Bei einer erfindungsgemässen spektralen Verteilung ist hingegen der Absorptionswirkungsgrad unempfindlich gegen eine Verschiebung des Emissionsspektrums um einige nm. Das Maximum des Summen-Emissionsspektrums liegt auch bei Verschiebungen von  $\pm 5$  nm immer in der Nähe  
15 des Absorptionsmaximums.

**Figur 4** zeigt ein Organisches Lichtemittierendes Element (OLED), mit einer auflaminierten erfindungsgemässen Konversionsfolie. Der eigentliche Licht erzeugende Teil ist vereinfacht dargestellt. Er besitzt eine Licht emittierende Schicht 47, welche als Schicht aus transparentem Material mit kleinem Brechungsindex  
20 (beispielsweise Teflon,  $n=1.3$ ) gegeben ist. Diese Schicht ist von einer ersten, reflektierenden Elektrode 48 (beispielsweise aus Aluminium) und einer zweiten, transparenten Elektrode 46 (beispielsweise ITO) umgeben ist. Darauf auflaminiert – oder sonstwie befestigt – ist die Reflexionsfolie mit zweitem Schichtaufbau bestehend aus Reflexionsschicht 45 und ersten Schichtaufbau, bestehend aus der  
25 optionalen zweiten Schutzsschicht 43, der Konversionsschicht 42 und der ersten Schutzschicht 41. Bezüglich der möglichen Materialien, Brechungsindizes sowie Geometrie der Übergangsstruktur 44 und Wirkungsweise wird auf die Beschreibung von Figur 1 verwiesen.

Der Wirkungsgrad des OLED-Aufbaus wird wesentlich besser, wenn die Licht emittierende Schicht ebenfalls eine „Zick-Zack-Struktur“ aufweist (d.h. Grenzflächen besitzt, welche zur Schichtungsebene einen Winkel bilden, siehe **Figur 4a**). Zwischen der an der Unter- (bzw. Hinter-)seite ebenen Reflexionsschicht 144 (d.h. dem zweiten Schichtaufbau) und den Elektroden und Licht emittierenden Schichten entsteht daher ein Zwischenraum 148. Dieser Zwischenraum bzw. diese Zwischenräume 148 sind dann bspw. mit Luft oder einem Edelgas gefüllt. Ein ebenes Enden der Reflexionsschicht 144 gegen Luft, erhöht den Wirkungsgrad, und es findet kein lateraler Lichttransport in der lichtemittierenden Schicht 146 des OLED statt.

**Figur 5** zeigt einen Querschnitt durch einen Abschnitt eines Leuchtpanels gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung. Auf einem vereinfacht dargestellten Trägerelement 51 – es kann ein mit einer isolierenden Schicht und einer strukturierten Leiterschicht versehenes metallisches Substrat, eine beidseitig mit einer (teilweise strukturierten) Leiterschicht versehene Flex-Leiterplatte – bspw. aus Kapton – oder irgend ein anderes geeignetes Substrat sein – ist ein ungehäuster LED-Chip 52 dargestellt. Im Gegensatz zur vereinfachten Darstellung der vorangehenden Figuren ist der LED-Chip in einer typischen Form gezeichnet, in welcher er nebst einer vorderen Emissionsfläche 52.1 auch seitliche schräge Emissionsflächen 52.2 aufweist. Der Prozentsatz von Licht, welches durch diese seitlichen Emissionsflächen emittiert wird, ist substantiell. Der ganze Aufbau inklusive Drahtbond 53 (bspw. Golddraht, Durchmesser 25 µm) ist lokal – d.h. in einer Umgebung des LED-Chips 53 – mit einem Schichtaufbau versehen. Dieser besteht aus einer optionalen ersten Schutzschicht 54a, einer den Konversionsfarbstoff enthaltenden Schicht 54b und einer ebenfalls optionalen zweiten Schutzschicht 54c. Die Dicke des ganzen Schichtaufbaus ist so, dass er der Form des Chips folgt, also nicht bzw. nicht wesentlich dicker ist als dieser. Die Gesamtdicke ist beispielsweise kleiner oder gleich 2 µm. Die ersten und zweite Schutzschicht bestehen

beispielsweise je aus  $\text{SiO}_x$ , die Konversionsschicht 54b aus co-gesputterten  $\text{SiO}_x$  und Farbstoff.

Für die Serienherstellung des Leuchtpaneels gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung wird das ganze Paneel gleichzeitig in einem Batch-Prozess mit dem Schichtaufbauten versehen. Dazu wird eine Maske so positioniert, dass definierte Zonen entstehen, in denen jeweils ein Chip und allenfalls der Kontaktpad des bereits angebrachten Drahtbondes eingebettet ist. Anschliessend werden der Reihe nach ggf. die erste Schutzschicht, die Konversionsschicht und ggf. die zweite Schutzsschicht aufgesputtert. Anstelle eines Sputterprozesses kann auch ein anderes Vakuum-Beschichtungsverfahren angewandt werden. Alle Prozesse können ablaufen, ohne das Vakuum zu brechen. Anstelle von Vakuum-Beschichtungsprozessen sind auch andere Herstellungsverfahren denkbar, bspw. das Aufrakeln durch eine Maske.

Gemäss einer nicht gezeichneten Variante der Ausführungsform von Fig. 5 überzieht der Schichtaufbau („die Konversionshülle“) mit der Konversionsfarbstoff enthaltenden Schicht 54b nicht nur je eine Umgebung jedes LED-Chips sondern das ganze Paneel oder mindestens mehrere LED-Chips aufweisende Teilflächen des Paneels. In dieser Variante kann die Maske bei der Herstellung entfallen. Pads zur späteren Kontaktierung des gesamten Aufbaus (d.h. für den Anschluss des Paneels oder von Teilstücken davon an eine elektrische Spannungsquelle) können dabei entweder abgedeckt werden, oder die Konversionshülle kann an den geeigneten Stellen durchbrochen werden. Die gezeichnete Variante mit der lokal begrenzten Hülle ist insbesondere dann sinnvoll, wenn in der Nähe jedes Chips metallische Reflektoren vorhanden sind, welche einen Wärmeabtransport besorgen. Dann ist in Überziehen dieser Reflektoren mit einer Konversionsschicht im Allgemeinen eher unerwünscht.

Leuchtpaneele gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung haben den Vorteil, dass sie inklusive Konversionsschicht sehr dünn sein können und dass in einem einfachen Batch-Prozess ein Schichtaufbau zur Verfügung gestellt werden kann, welcher sowohl eine Konversions- wie auch eine Schutzfunktion wahrnehmen kann.

- 5 In **Figur 6** (untere Zeichnung) ist ein Leuchtpaneel nach dem zweiten Unteraspekt des zweiten Aspekts der Erfindung dargestellt. Die Konversionshülle – d.h. der Schichtaufbau aus optionalen ersten und zweiten Schutzschichten 64a, 64c und Konversionsschicht 64b – ist aber so ausgebildet, dass die vordere Kontaktfläche 62a des Chips 62 von ihr frei ist. Der Schichtaufbau bedeckt auch Kontaktflächen  
10 („Contact Pads“) des Trägerelements 62 (d.h. des Substrats) nicht. Dafür ist eine durchsichtige, elektrisch leitende Schicht 65 vorhanden, welche den Chip und seine Umgebung lokal bedeckt und einen elektrischen Kontakt zwischen den peripheren Kontaktflächen des Trägerelementes und der vorderen Kontaktfläche 62a des Chips herstellt. Diese Ausführungsform hat wie bereits ausgeführt die Vorteile, dass kein  
15 Drahtbond benötigt wird und dass ein Potential vorhanden ist, die Packungsdichte zu erhöhen.

Ein Verfahren zum Aufbringen der Konversionshülle kann wie folgt ausgestaltet sein:

- In einem ersten Schritt werden die Chips auf dem Trägerelement positioniert, worauf  
20 mittels eines „die-bond“-Prozesses die hintere Kontaktfläche 62b der Chips mit einer entsprechenden Kontaktfläche des Trägerelements verbunden wird. Anschliessend werden eine erste und eine zweite Maske 66 bzw. 67 so positioniert, dass nur eine Umgebung jedes Chips freiliegt, aber die vordere Kontaktfläche 62a der Chips und auch die Kontaktpads des Trägerelements abgedeckt sind. Eine  
25 Darstellung der beiden Masken 66, 67 findet man in der oberen Zeichnung der Figur

6. Zum Abdecken der vorderen Kontaktfläche besitzt die zweite Maske 67 ein Abschirmelement 67b, welches beispielsweise durch einige radial verlaufende Drähte 67c gehalten wird. Das Abschirmelement 67b kann auf dem Chip aufliegen, da keine Drahtbonds vorhanden sind, welche durch die Maske beschädigt werden könnten. Als dritter Schritt erfolgt das Auftragen der Schichten der Konversionshülle in einem Vakuum-Batch-Prozess wie bspw. durch Sputtern. Dann wird die zweite Maske 67 weggeschwenkt, was die vordere Kontaktfläche der Chips und die Kontaktpads freilegt. Anschliessend erfolgt das Beschichten mittels ITO oder einem anderen transparenten elektrisch leitenden Material. Vorzugsweise wird während des Prozesses das Vakuum nicht gebrochen.

Die erste Maske 66 kann im Herstellungsprozess eventuell entfallen, nämlich dann, wenn alle LED-Chips (bzw. alle LED-Chips einer Teilfläche) elektrisch parallel geschaltet sind. Eine weitere Alternative ist das Kontaktieren mittels eines im Bereich des LED-Chips radial verlaufenden schmalen metallischen Streifens.

Die relative Positionsgenauigkeit zwischen jedem Chip eines Panels und jedem entsprechenden Maskenteil muss in x- und y-Richtung (d.h. beiden Richtungen in der Trägerelement-Ebene) jeweils innerhalb von höchstens  $\pm 70 \mu\text{m}$  liegen. Das ist auch für grosse Paneele noch erreichbar. Die abzuschattende vordere Kontaktfläche der Chips hat einen Durchmesser von bspw.  $120 \mu\text{m}$ . Damit die radial verlaufenden Drähte keine unerwünschten offenen Bahnen in der Konversionshülle verursachen sollten diese einen minimalen Abstand vom Chip haben. Die Drähte sind deshalb entsprechend gebogen.

In **Figur 6a** ist Ausführungsform gemäss dem Prinzip von Figur 6 gezeichnet. Der gezeichneten Ausschnitt aus einem Leuchtpaneel 160 weist einen auf einem Substrat 161 aufgetragenen LED-Chip 162 auf. Dieser ist Hilfe einer der zweiten Maske 67



von Fig. 6 entsprechenden Maske mit einer elektrisch isolierenden, transparenten Schutzschicht 164a versehen, welche sich auch auf eine Umgebung des Chips erstrecken kann. Auf dieser befindet sich eine transparente, elektrisch leitende Schicht 165 (bspw. ITO), welche einen elektrischen Kontakt zwischen der vorderen  
5 Chip-Kontaktfläche 162a und einem peripher angeordneten Kontakt'pad' bewirkt. Die transparente, elektrisch leitende Schicht 165 ist bspw. mit Hilfe einer der ersten Maske von Fig. 6 entsprechenden Maske strukturiert. Alternativ zu der transparenten, elektrisch leitenden Schicht kann auch eine Kontaktierung über streifenförmige, metallische Elemente, bspw. erfolgen, beispielsweise über Aluminiumstreifen. Der  
10 ganze Aufbau ist mit einem Schichtsystem versehen, welches auf einem Träger, nämlich einer Trägerfolie 166a – hier aus amorphem Teflon – aufgebracht ist. Bei dem Schichtsystem handelt es sich in der gezeichneten Ausführungsform um das vorstehend beschriebene Schichtsystem mit einem zweiten Schichtaufbau 166b (hochbrechende Reflexionsschicht) und einem ersten Schichtaufbau 166c  
15 (Konversionsschicht und optional Schutzschichten aus bspw. Teflon oder  $\text{SiO}_x$ ). Das Schichtsystem ist vorzugsweise flächig aufgebracht, d.h. es bedeckt mindestens eine Teilfläche des ganzen Paneels, welche eine Mehrzahl von LED-Chips beinhaltet.

Die Konversionsfolie (bestehend aus Trägerfolie 166a und Schichtsystem) kann eben grossflächig hergestellt und nachträglich heiss auf das Paneel aufgebracht werden, so  
20 dass es die Form des Chips mitmacht. Dies kann mittels eines Formenstempels oder mit einem Gas mit leichtem Überdruck geschehen. Am besten wird das LED-Paneel ganzflächig mit der Konversionsfolie versehen und die Folie wo nötig nachträglich lokal durch Ätzen, oder Lasern oder Schneiden und abziehen (o.ä.) entfernt.

Die Konversionsfolie adressiert das auch bei den Ausführungsformen von Fig. 5 und  
25 6 vorhandene Problem des vom Konversionsfarbstoff zurückgestrahlten Lichtes. Es muss verhindert werden, dass ein grosser Teil des sekundären Lichtes einfach wieder vom Chip geschluckt wird. Die Konversionsfolie von Figur 6a wirkt wie die

Ausführungsform vom Fig. 1 und bringt eine unter Umständen starke Erhöhung des Anteils an ausgekoppeltem Sekundärlicht. Die Konversionsfolie mit der niedrigbrechenden Trägerfolie ( $n=1.3$ ) hat den kleinen Nachteil, dass im Vergleich zu  $n=1.5$  weniger primäres Licht aus dem Chip ausgekoppelt wird. Dank der schiefen  
5 Seitenflächen des Chip beträgt diese Reduktion aber nur 1%, was durch die vorteilhafte Wirkung der Konversionsfolie natürlich mehr als kompensiert wird. Insgesamt resultiert eine wesentliche Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades.

Die Konversionsfolie kann – dies lediglich als Beispiel – wie folgt hergestellt sein:

Es wird eine Formfläche mit Pyramiden (gemäss Fig. 1 und Fig. 1a oder  
10 vergleichbar) verwendet. Solche existieren bspw. in der Form von anisotrop geätztem Silizium. Diese wird mit einem dünnen Film beschichtet, welche später ein Ablösen der Folie ermöglicht. Dann wird die Konversionsschicht bzw. der erste Schichtaufbau bspw. durch Co-Sputtern wie hergestellt. Anschliessend erfolgt ein Füllen der Struktur mit der Reflexionsschicht (d.h. dem zweiten Schichtaufbau),  
15 bspw. in der Form von Resist aus Polyimid, oder ein Sol-Gel-Prozess für HMO-Glas. Dann wird die Trägerfolie aus transparentem Teflon auf die entstandene ebene Oberfläche auflaminiert, und die Form wird abgezogen und ist u.U. wiederverwendbar.

Die im Vergleich zu Figur 6 in Figur 6a zwischen der ITO-Schicht und der  
20 Konversionsschicht vertauschte Schichtenreihenfolge kann natürlich auch bei Ausführungsformen zum Einsatz kommen, bei denen kein erfindungsgemäss strukturiertes Schichtsystem mit erstem und zweitem Schichtaufbau verwendet wird. Die Konversionsfolie von Fig. 6a kann auch im Aufbau analog zu Fig. 5 verwendet werden, wobei dann die Konversionsfolie an Stellen von eventuell vorhandenen

Drahtbonds entsprechende Aussparungen aufweisen kann, damit beim Auftragen die Kontaktierungen nicht beschädigt werden.

In den folgenden Figuren wird der mögliche Aufbau von Konversionsfolien gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung diskutiert. Die Folien gemäss der Figuren können –  
5 müssen aber nicht – zusätzlich zu den gezeichneten Merkmalen gemäss dem ersten Unteraspekt ausgestaltet sein und also Strukturen aufweisen, welche einen ersten und zweiten Schichtaufbau beinhalten, wobei Grenzflächen zwischen dem ersten und zweiten Schichtaufbau zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden oder gewellt sind. Die Folien können auch gemäss dem zweiten Unteraspekt des ersten Aspekts  
10 verwendet werden.

In **Figur 7a** ist die schematische, nicht massstäbliche Querschnitt einer zweilagigen Schutzfolie gezeigt, wobei die erste Lage 211 im von der zweiten Lage 212 geschützten Oberflächenbereich Farbstoff bzw. Phosphor 213 zur Licht-Konversion oder –Filterung beinhaltet. Die beiden Lagen 211 und 212 bestehen aus einer  
15 hochtransparenten, langzeitstabilen Schutzfolie, also beispielsweise aus am Markt erhältlichen FEP oder PFA Folien der Firma Dupont. In die Folie 211 ist einseitig die für die gewünschte Konversion oder Filterung einer Lichtfarbe notwendige Farbstoffmenge 213 eingebracht.

Dieses Einbringen kann beispielsweise so geschehen, dass der notwendig Farbstoff  
20 213 auf die, über ihren Glaspunkt hinaus (in unseren Beispiel also ca. auf 300°C) erwärmte Folie 211 aufgestreut und mit leichtem Druck eingewalzt wird.

Die totale Dicke der Folie 211 liegt beispielsweise zwischen ca. 50 bis 200  $\mu\text{m}$ , diejenige der Farbstoff 213 enthaltenden Schicht beispielsweise zwischen 20 bis 100  $\mu\text{m}$ .

Die ebenfalls erwärmte, beispielsweise zwischen 20 bis 100 dicke, zweite Folie 212  
5 wird direkt anschliessend an diesen Vorgang auflaminiert.

Es entsteht eine äusserst kostengünstig herstellbare Schutzfolie mit nahezu homogenem Übergang von Folie 211 zu Folie 212, die in ihrer beidseitig geschützten Mitte den gewünschten Farbstoff 213 beinhaltet.

Unter gewissen Umständen kann ein Nachteil des Aufbaus nach Fig. 7a sein, dass es  
10 schwierig ist eine grosse Homogenität der Farbstoffverteilung über die gesamte Folienfläche einzuhalten.

Der in **Figur 7b** gezeigte, schematische, nicht massstäbliche Querschnitt einer Schutzfolie behebt diesen möglichen Nachteil.

Auch diese Schutzfolie besteht im Wesentlichen aus zwei Lagen 211 und 212 einer  
15 hochtransparenten, langzeitstabilen Schutzfolie, also beispielsweise aus am Markt erhältlichen FEP oder PFA Folien der Firma Dupont. Dasselbe kann für transparente Lagen der Schutzfolien der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen gelten. Neben diesen Folienmaterialien kommen auch andere bspw. an sich bekannte Folienmaterialien in Frage

Der zur Farb-Konversion- oder Filterung notwendige Farbstoff 213 ist homogen in ein geeignetes Matrixmaterial 214 eingemischt. Dieser Mischungsprozess findet unabhängig und mit grosser Genauigkeit statt. Das Matrixmaterial 214 kann beispielsweise aus hochtransparentem gelöstem amorphen Teflon AF der Firma Dupont oder aus einem hochtransparenten hochviskosen Silikon bestehen.

Im Falle der Verwendung von Silikon als Matrixmaterial sind die beiden Folien 211 und 12 beispielsweise mittels Ätzen oder geeigneter Plasmabehandlung einseitig so präpariert, dass Silikon auf ihnen haftet. Entsprechend vorbereitete Folien sind direkt von Dupont erhältlich.

10 Die Herstellung des Aufbaus nach Fig. 7b erfolgt beispielsweise indem die homogene Mischung aus Farbstoff 213 und Matrixmaterial 214 mit einem geeigneten Verfahren wie beispielsweise Rakeln in homogener Dicke auf die Folie 211 aufgebracht wird.

15 Im Falle der Verwendung von gelöstem Teflon AF als Matrixmaterial folgt nun ein Austreiben des Lösungsmittels, was bei Temperaturen von ca. 100°C geschehen kann. Danach wird bei Temperaturen in der Gegend von ca. 300°C die zweite Folie 212 auflaminiert.

Im Falle der Verwendung von Silikon als Matrixmaterial kann allenfalls zunächst eine teilweise Aushärtung des Silikons erfolgen. Anschliessend wird die zweite Folie 20 212 auflaminiert und das Silikon ausgehärtet.

Die Dicke der Folien 211 und 212 liegen beispielsweise zwischen ca. 20 bis 200  $\mu\text{m}$ , diejenige der Farbstoff 213 enthaltenden Matrixschicht 214 beispielsweise zwischen 20 bis 100  $\mu\text{m}$ .

Figur 7c zeigt einen Schutzfolienaufbau nach Fig. 7b, dessen Schutzfunktion und  
5 Langzeit-Stabilität verbessert ist, indem die gesamte Folie, mit einem geeigneten  
Vakuumverfahren wie beispielsweise Sputtern oder Bedampfen, nachträglich  
beidseitig mit einer zusätzlichen, einige 0.1 bis 10  $\mu\text{m}$  dicken, anorganischen  
Schutzschicht 215 beispielsweise aus  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiN}_x\text{O}_x$  beschichtet ist.  
Selbstverständlich wäre es auch möglich eine Folie nach Fig. 7a entsprechend zu  
10 beschichten. Auch eine bloss einseitige Beschichtung mit einer anorganischen  
Schutzschicht ist möglich.

Der Aufbau nach **Figur 7d** unterscheidet sich von demjenigen nach Fig. 7c dadurch,  
dass sich die beiden Schichten aus anorganischem Schutzmaterial 215 sich im Innern  
der Folie in unmittelbarer Nachbarschaft des mit Farbstoff 213 vermischten  
15 Matrixmaterials 214 befinden.

Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise bei Biegebelastungen die Schutzschichten  
215 nicht rissig werden oder dies mindestens erst bei wesentlich stärkeren  
Belastungen auftritt.

Die Herstellung der Schutzfolie nach Fig. 7d erfolgt bspw., indem die beiden Folien  
20 211 und 212 bereits vor der späteren Erstellung des Verbundes mindestens je  
einseitig mit der anorganischen Schutzschicht 215 versehen werden.

Figur 7e zeigt einen Aufbau gemäss Fig.7c, bei dem die beiden aussen liegenden anorganischen Schutzschichten 215 durch zwei zusätzliche Schichten 216 vor Rissbildung geschützt sind. Die beiden zusätzliche Schutzschichten 216 sind beispielsweise ebenfalls aus FEP-Folie, wobei eine Dicke von 10 bis 50 µm  
5      genügenden Schutz bietet.

In Figur 8a ist die schematische, nicht massstäbliche Querschnitt einer mehrlagigen Schutzfolie gezeigt, wobei die erste Lage 221 im von der zweiten Lage 222a geschützten Oberflächenbereich Farbstoff bzw. Phosphor 223a zur Licht-Konversion oder –Filterung beinhaltet. Die zweite Lage 222a wiederum beinhaltet im von der  
10      nächsten Lage 222b geschützten Oberflächenbereich Farbstoff bzw. Phosphor 223b zur Licht-Konversion oder –Filterung.

Sinnvoll sind solche, wie in Figur 8a aber auch in Fig. 8b, 8c, 8d gezeigte, Aufbauten mit mehreren Farbschichten beispielsweise dann, wenn eine stufenweise Farbkonversion – also beispielsweise von ultraviolett zu blau und dann von blau zu  
15      weiss - erfolgen soll und/oder wenn nach einer Farbkonversion beispielsweise überschüssiges nicht konvertiertes Licht herausgefiltert werden soll.

Das Einbringen der Farbstoffe 123a und 123b sowie das Zusammenfügen der Folien 121 mit 122a und 122a mit 122b erfolgt bspw. lagenweise wie im Aufbau nach Figur 7a geschildert.

20      Es ist auch möglich auf entsprechende Art Aufbauten mit noch mehr unterschiedlichen Lagen von Konversions- bzw. Filterfarbstoffen herzustellen. Ein Nachteil des Aufbaus nach Fig. 8a kann unter gewissen Umständen sein, dass es schwierig ist eine grosse Homogenität der Verteilung der Farbstoffe 223a und 223b

über die gesamte Folienfläche einzuhalten. Der in **Figur 8b** gezeigte, schematische, nicht massstäbliche Querschnitt einer mehrlagigen Schutzfolie behebt diesen möglichen Nachteil.

5 Auch diese Schutzfolie besteht im Wesentlichen aus Lagen 221, 222a und 222b einer hochtransparenten, langzeitstabilen Schutzfolie, also beispielsweise aus am Markt erhältlichen FEP oder PFA Folien der Firma Dupont. Die zur Farb-Konversion- oder Filterung notwendigen Farbstoffe 223a und 223b sind homogen in geeignete Matrixmaterialien 224a und 224b eingemischt. Dieser Mischungsprozess findet unabhängig und bspw. mit grosser Genauigkeit statt. Die Matrixmaterialien 224a und 10 224b können beispielsweise aus hochtransparentem gelöstem amorphen Teflon AF der Firma Dupont oder aus einem hochtransparenten hochviskosen Silikon bestehen.

Im Falle der Verwendung von Silikon als Matrixmaterial sind die Folien 221, 222a und 222b beispielsweise mittels Ätzen oder geeigneter Plasmabehandlung einseitig so präpariert, dass Silikon auf ihnen haftet. Entsprechend vorbereitete Folien sind 15 direkt von Dupont erhältlich.

Die Herstellung des Aufbaus nach Fig. 8b erfolgt lagenweise entsprechend dem bezüglich Fig. 8b geschilderten Vorgehen. Die Dicke der Folien 221, 222a und 222b liegen beispielsweise zwischen ca. 20 bis 200  $\mu\text{m}$ , diejenige der Farbstoff 223a und 223b enthaltenden Matrixschicht 224a und 224b beispielsweise zwischen 20 bis 100 20  $\mu\text{m}$ .

**Figur 8c** zeigt einen Schutzfolienaufbau nach Fig. 8b, dessen Schutzfunktion und Langzeit-Stabilität verbessert ist, indem die gesamte Folie, mit einem geeigneten Vakuumverfahren wie beispielsweise Sputtern oder Bedampfen, nachträglich



beidseitig mit einer zusätzlichen, einige 0.1 bis 10  $\mu\text{m}$  dicken, anorganischen Schutzschicht 225 beispielsweise aus  $\text{SiO}_x$  oder  $\text{SiN}_x\text{O}_x$  beschichtet ist. Selbstverständlich wäre es auch möglich eine Folie nach Fig. 8a entsprechend zu beschichten.

- 5 Der Aufbau nach **Figur 8d** unterscheidet sich von demjenigen nach Fig. 8c dadurch, dass sich die beiden Schichten aus anorganischem Schutzmaterial 225 im Innern der Folie in unmittelbarer Nachbarschaft des mit Farbstoff 223a bzw. 223b vermischten Matrixmaterials 224a bzw. 224b befinden.

- 10 Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise bei Biegebelastungen die Schutzschichten 215 nicht rissig werden oder dies mindestens erst bei wesentlich stärkeren Belastungen auftritt. Die Herstellung der Schutzfolie nach Fig. 8d erfolgt bspw., indem die beiden Folien 221 und 222b bereits vor der späteren Erstellung des Verbundes mindestens je einseitig mit der anorganischen Schutzschicht 225 versehen werden.

- 15 **Figur 9a** zeigt eine im Wesentlichen gemäss Fig. 7b aufgebaute Schutzfolie, die sich von der Folie gemäss Fig. 7b dadurch unterscheidet, dass die Mischung aus Farbstoff und Matrixmaterial 233 nicht ganzflächig in der gesamten Folie, sondern nur zonenweise vorhanden ist. Die Zwischenräume 234 zwischen den Zonen 233 können allenfalls mit dem unvermischten Matrixmaterial ausgefüllt oder einfach hohl  
20 sein.

Das zonenweise Auftragen der Mischung 233 und allenfalls des unvermischten Matrixmaterials in die Zwischenräume 234 kann beispielsweise siebdruckartig, also durch Rakeln mit entsprechenden Sieben, erfolgen. Ein Aufbau nach Fig. 9a ist dazu

geeignet ausgehend von monochromatischem Licht ein zweifarbiges Erscheinungsbild der Schutzfolie zu erzeugen.

**Figur 9b** unterscheidet sich von Fig. 9a dadurch, dass die Zonen 233a und 233b unterschiedliche Farbstoffe beinhalten. Natürlich können weitere Zonen mit weiteren Farbstoffen vorhanden sein. Ein Aufbau nach Fig. 9b ist dazu geeignet, ausgehend von monochromatischem Licht ein vielfarbiges Erscheinungsbild der Schutzfolie zu erzeugen.

**Figur 9c** unterscheidet sich im Wesentlichen von Fig. 9b dadurch, dass die Zonen mit unterschiedlichen Farbstoffen 233a und 233b, ähnlich wie in Fig. 8b gezeigt, in, allenfalls mittels einer Zwischenfolie 232a getrennten, unterschiedlichen Lagen angeordnet sind. Dies kann erstens den herstellungsmässigen Vorteil haben, dass ein sehr scharfer Übergang von Farbe zu Farbe erzeugbar ist. Zweitens können sich die Zonen 233a und 233b – wie im linken Teil von Fig. 9d gezeigt – teilweise überlagern, womit zusätzliche Farbeffekte erzeugbar sind.

Der rechte Teil von Fig. 9d verdeutlicht die Möglichkeit, Zonen Mischungen 233a und 233b bzw. Zonen mit unvermishtem Matrixmaterial 234a und 234b in unterschiedlichen Lagen pixelartig so anzuordnen, dass mehrere solche Pixel vom Licht einer – in Fig. 9d unten angedeuteten – LED durchschienen werden. Zusätzlich können sich – wie links in Fig. 9d gezeigt – die Pixel unterschiedlicher Lagen teilweise oder ganz überlagern.

Wenn die Lichtfarbe der LED beispielsweise blau ist und beispielsweise Mischungen 233a und 233b vorhanden sind, von denen eine das blau Licht zu grün und die andere das blaue zu rot wandelt, lassen sich bei einer den Betrachtungsabstand

angemessenen Feinheit der Pixel für den Betrachter –stehende und nicht dynamisch veränderliche – farbige Bilder mit einer nahezu beliebigen Farbenvielfalt erzeugen.

Für derartige Schutzfolien, die aus Abständen von einigen Metern und mehr betrachtet werden sollen, kann die notwendige Auflösung der Pixel durchaus mittels  
5 siebdruckartigen Verfahren hergestellt werden. Für Schutzfolien die aus kleinen Abständen betrachtet werden sollen, ist es beispielsweise eine Möglichkeit die Farbstoffe schichtenweise zunächst ganzflächig aufzubringen und anschliessend die notwendigen feinen Pixelstrukturen photolithographisch zu erzeugen.

**Figur 10** zeigt eine prinzipiell gemäss Fig. 7a aufgebaute Schutzfolie, welche  
10 zusätzlich zur optischen Funktion Lichtfarbkonversion oder –filterung, die optische Funktion diffuse Lichtstreuung erfüllt. Selbstverständlich könnte die Folie prinzipiell auch gemäss einer beliebigen der Figuren 1a bis 4d aufgebaut sein.

Im gezeigten Fall und in allen anderen denkbaren Fällen ist zusätzlich zu dem sonstigen Aufbau der Schutzfolie eine weitere Lage 254 vorhanden. Obwohl diese  
15 Lage 254 diffuses Licht erzeugen soll besteht sie vorteilhafterweise aus einem der bisher diskutierten dauerhaft hochtransparenten, langzeitstabilen Kunststoffe wie FEP oder Silikon. Dies aus dem Grunde, dass trübe werdende Folien nicht zwar auch diffuses Licht erzeugen aber hauptsächlich Licht absorbieren. Lichtabsorption ist in unserem Falle aber völlig unerwünscht.

20 Diffuses Licht bei möglichst wenig Absorption kann erzeugt werden, indem der hochtransparente Kunststoff 254 mit beispielsweise metallischen, das Licht möglichst vollständig spiegelnden Körpern 255 oder beispielsweise mit

transparenten, das Licht teilweise durchlassenden und teilweise spiegeln Hohlkörpern 255, also beispielsweise Hohlglaskugeln, gefüllt ist.

- Für die Herstellung einer solchen, beispielsweise mit Hohlglaskugeln gefüllten Lage wird bspw. gelöstes amorphes Teflon AF oder hochviskoses Silikon mit am Markt
- 5 erhältlichen Hohlglaskugeln durchmischt, anschliessend beispielsweise mittels Rakeln auf die sonst fertige Schutzfolie aufgetragen und dann ausgehärtet.

Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen sind blosser Beispiele, wie die Erfindung umgesetzt werden kann. Es besteht eine Vielzahl von anderen Möglichkeiten.

- 10 Diese Anmeldung beruht auf der Priorität der drei schweizerischen Patentanmeldungen 664/04, 1425/04 und 1957/04, deren Inhalt ein Bestandteil dieser Anmeldung ist und die hierin durch Bezugnahme aufgenommen werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Lichtemittierendes Paneel mit einer Mehrzahl von ungehäusten, auf einem Träger aufgebrachten und elektrisch kontaktierten lichtemittierenden Dioden (103, 25), wobei das Paneel abschnittsweise flächig ist, gekennzeichnet durch  
5 eine optisch wirksame, flüssigkeitsdichte Folie (10, 100, 20), die so angebracht ist, dass sie eine Mehrzahl von Dioden vor Umwelteinflüssen schützend abdeckt und von diesen abgesandtes Licht beeinflusst.
2. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie von distanzhaltenden Elementen (106, 107, 108) in einem Abstand zu  
10 den LED-Chips gehalten wird, wobei die distanzhaltenden Elemente bspw. in einem regelmässigen Raster oder flächig über das Paneel verteilt und aus nicht-metallischem Material sind, oder die distanzhaltenden Elemente am Rand des Paneels angebracht sind.
3. Lichtemittierendes Paneel, nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die Schutzfolie Farbstoffe oder Phosphore zur Frequenzkonversion oder Filterung enthält.
4. Lichtemittierendes Paneel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzfolie optisch refraktiv oder diffraktiv wirkende Strukturen zur Kollimation, Fokussierung, Aufweitung und/oder Umlenkung  
20 von Licht enthält, welches von den Dioden erzeugt wird.

5. Lichtemittierendes Paneel einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie einen ersten und einen zweiten Schichtaufbau beinhaltet, die nebeneinander angeordnet sind und zusammen ein Schichtsystem bilden, welches eine Schichtungsebene definiert, die die x-y-Ebene eines kartesischen Koordinatensystems ist, wobei der erste Schichtaufbau mindestens eine Fluoreszenzfarbstoff oder Diffusoren enthaltende Schicht (12) aufweist, wobei der Brechungsindex der oder jeder Schicht des ersten Schichtaufbaus kleiner ist als der optische Brechungsindex der oder jeder Schicht des zweiten Schichtaufbaus, wobei der zweite Schichtaufbau auf der den lichtemittierenden Dioden zugewandten Seite angeordnet ist, und wobei der Übergang (13) zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau Grenzflächen beinhaltet, die zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden, oder wobei der Übergang gewellt ist.
6. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine äussere Begrenzung der Folie, also ein Übergang zwischen dem ersten Schichtaufbau und einem Umgebungsmedium Grenzflächen beinhaltet, die zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden, oder dass die äussere Begrenzung gewellt ist.
7. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der Position in z-Richtung des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau im kartesischen Koordinatensystem mindestens  $\frac{2}{3}$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus beträgt und der Verlauf des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau mit dem Verlauf des Überganges zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium korreliert, dergestalt, dass die Dicke des ersten Schichtaufbaus in Funktion der x- und y-Position mindestens näherungsweise konstant ist.

8. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet dass der Winkel zwischen Grenzflächen zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau und der x-y-Ebene zwischen  $12^\circ$  und  $45^\circ$ , vorzugsweise weniger als  $45^\circ$  und beispielsweise zwischen  $15^\circ$  und  $35^\circ$  beträgt.
- 5
9. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Schichtaufbau nebst der Fluoreszenzfarbstoff oder Diffusoren enthaltenden Schicht (12) auch eine die Folie gegen das Umgebungsmedium hin abschliessende erste transparente Schutzschicht (11) und vorzugsweise auch eine die der ersten Schutzschicht gegenüberliegende Seite der Fluoreszenzfarbstoff oder Diffusoren enthaltenden Schicht (12) angeordnete zweite transparente Schutzschicht (13) aufweist.
- 10
10. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 5-9, dadurch gekennzeichnet, dass der Brechungsindex jeder Schicht des ersten Schichtaufbaus maximal 1.5, vorzugsweise maximal 1.4, und der Brechungsindex jeder Schicht des zweiten Schichtaufbaus mindestens 1.6, vorzugsweise mindestens 1.7 beträgt.
- 15
11. Lichtemittierendes Paneel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jedem LED-Chip oder jeder Einheit von mehreren beieinander angeordneten LED-Chips ein hohlspiegelartiges oder blendenartiges optisches Element (24) zugeordnet ist, durch welches das vom LED-Chip bzw. von den LED-Chips ausgesandte Licht in je einen bestimmten Raumwinkel um eine optische Achse bündelbar ist, wobei die hohlspiegelartigen oder blendenartigen Elemente von mindestens einer Untergruppe mit mehreren LED-Chips bzw. Einheiten von LED-Chips so ausgerichtet sind, dass die optischen Achsen der Untergruppe
- 20
- 25

zusammenlaufen und dass sich das durch die LED-Chips der Untergruppe erzeugte Licht am Ort der Konversionsfolie mindestens teilweise überlagert, und wobei mindestens zwei LED-Chips der Untergruppe voneinander verschiedene Emissionswellenlängen haben.

- 5     12. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie einen fluoreszierenden Farbstoff enthält und dass die LED-Chips jeder Untergruppe blaues und/oder ultraviolettes Licht in unterschiedlichen Wellenlängen emittieren.
- 10     13. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie Diffusoren enthält und dass jede Untergruppe mindestens je einen blaues Licht, grünes Licht und rotes Licht emittierenden LED-Chip aufweist.
- 15     14. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass an einer den LED-Chips zugewandten Seite der Folie eine lichtundurchlässige Maskenschicht vorhanden ist, welche Aussparungen dort aufweist, wo sich die Raumwinkel der LED-Chips der Untergruppe bzw. der Untergruppen überschneiden.
- 20     15. Schichtsystem zur mindestens teilweisen Umwandlung von von einer ersten Seite einfallendem Primärlicht in auf eine zweite Seite abgestrahltes Sekundärlicht, aufweisend einen ersten und einen zweiten Schichtaufbau, wobei der erste und der zweite Schichtaufbau nebeneinander angeordnet sind und zusammen ein Schichtsystem bilden, welches eine Schichtungsebene als x-y-Ebene eines kartesischen Koordinatensystems definiert, wobei der erste Schichtaufbau mindestens eine Fluoreszenzfarbstoff oder Diffusoren



- enthaltende Schicht zur mindestens teilweisen Umwandlung des Primärlichts in das Sekundärlicht aufweist, wobei der Brechungsindex der oder jeder Schicht des ersten Schichtaufbaus kleiner ist als der optische Brechungsindex der oder jeder Schicht des zweiten Schichtaufbaus, und wobei der Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau Grenzflächen beinhaltet, die zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden oder wobei der Übergang gewellt ist.
- 5
16. Schichtsystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine äussere Begrenzung des Schichtsystems, also ein Übergang zwischen dem ersten Schichtaufbau und einem Umgebungsmedium, Grenzflächen beinhaltet, die zu der Schichtungsebene einen Winkel bilden, oder dass die äussere Begrenzung gewellt ist.
- 10
17. Schichtsystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der Position in z-Richtung des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau im kartesischen Koordinatensystem mindestens  $2/3$  der Dicke des ersten Schichtaufbaus beträgt und der Verlauf des Überganges zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau mit dem Verlauf des Überganges zwischen dem ersten Schichtaufbau und dem Umgebungsmedium korreliert, dergestalt, dass die Dicke des ersten Schichtaufbaus in Funktion der x- und y-Position mindestens näherungsweise konstant ist.
- 15
18. Schichtsystem nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet dass der Winkel zwischen Grenzflächen zwischen dem ersten und dem zweiten Schichtaufbau und der x-y-Ebene zwischen  $12^\circ$  und  $45^\circ$ , vorzugsweise weniger als  $45^\circ$  und beispielsweise zwischen  $15^\circ$  und  $35^\circ$  beträgt.
- 20

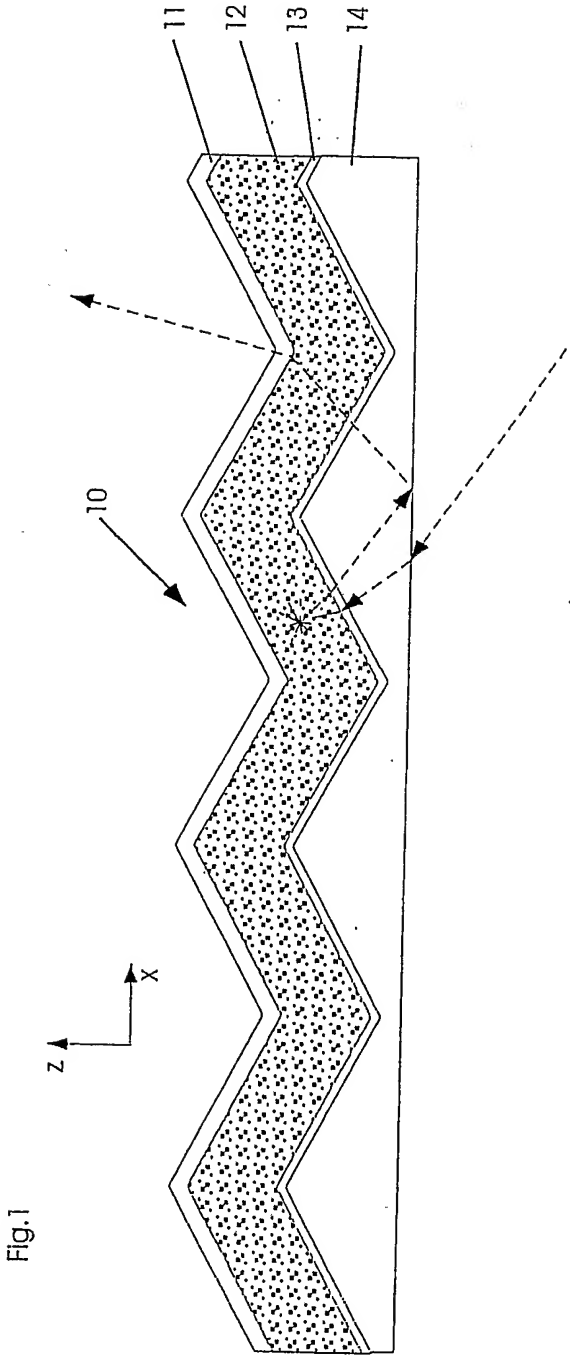
19. Organisches lichtemittierendes Element mit einem lichtemittierenden Aufbau (42), welcher zwischen einer ersten, nicht transparenten Elektrode und einer zweiten, transparenten Elektrode angeordnet ist, und mit einem auf der der transparenten Elektrode zugewandten Seite angeordneten Schichtsystem nach einem der Ansprüche 15 bis 18.
- 5
20. Lichtemittierendes Paneel mit einem Trägerelement (51, 61) und einer Vielzahl von darauf angeordneten ungehäusten LED-Chips (52, 62), wobei mindestens einige der LED-Chips mit einer Konversionsfarbstoff enthaltenden, direkt auf dem LED-Chip aufgebrachtten Hülle versehen sind, wobei die Dicke dieser Hülle so ist, dass die Hülle der Form des LED-Chips folgt.
- 10
21. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Hülle maximal 10  $\mu\text{m}$  beträgt.
22. Lichtemittierendes Paneel nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle eine äussere zweite Schutzschicht (64c), eine den Konversionsfarbstoff enthaltende Schicht (64b) sowie optional eine erste, direkt am LED-Chip anliegende Schutzschicht (64a) enthält.
- 15
23. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle jeweils nur lokal in der Umgebung jedes LED-Chips vorhanden ist und zwischen den LED-Chips nicht mit der Hülle versehene Abschnitte vorhanden sind.
- 20

24. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 20-23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontaktfläche des LED-Chips über einen Drahtbond (53) mit einem Kontaktpad elektrisch verbunden ist, und dass die erste Kontaktfläche und der Kontaktpad mit der Hülle beschichtet sind.
- 5 25. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 20-23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontaktfläche (62a) des LED-Chips sowie ein Kontaktpad frei von der Hülle sind, und dass die Hülle, die Kontaktfläche und der Kontaktpad mit einer transparenten elektrisch leitfähigen Schicht (65) beschichtet sind, oder dass die Kontaktfläche und der Kontaktpad mit einer  
10 streifenförmigen metallischen Schicht elektrisch verbunden sind.
26. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 20-23, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle so dünn ist, dass ihre Volumen pro LED-Chip und zugehöriger Kontaktfläche das Volumen eines LED-Chips höchstens um einen Faktor 2 übersteigt, und ferner alle offenen Seiten der LED-Chip  
15 bedeckt.
27. Lichtemittierendes Paneel nach einem der Ansprüche 20 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülle ein Schichtsystem nach einem der Ansprüche 15 bis 18 beinhaltet.
28. Verfahren zum Herstellen eines lichtemittierenden Paneels, insbesondere nach  
20 einem der Ansprüche 20-26, wobei ein Trägerelement 61 mit einer Mehrzahl von LED-Chips versehen wird und anschliessend mindestens bereichsweise in einem ‚batch‘-Prozess mit einer Hülle beschichtet wird, welche Hülle Konversionsfarbstoff zur mindestens teilweisen Konversion von von den LED-

Chips emittierter elektromagnetischer Strahlung zu langwelligerer Strahlung enthält.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Konversionsfarbstoff mittels eines Vakuum-Beschichtungsverfahrens aufgebracht wird.
- 5
30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Aufbringen des Farbstoffs und vorzugsweise auch vor dem Aufbringen des Farbstoffs eine optisch transparente Schutzschicht aufgebracht wird, wobei die Schutzschicht bzw. die Schutzschichten vorzugsweise mittels eines Vakuum-
- 10 Beschichtungsverfahrens aufgebracht wird bzw. werden.
31. Verfahren nach einem der Ansprüche 28-30 dadurch gekennzeichnet, dass gleichzeitig mit dem Aufbringen des Konversionsfarbstoffs auch transparentes Material aufgebracht wird, so dass es in der aufgetragenen Schicht mit dem Farbstoff vermischt ist.
- 15 32. Verfahren nach einem der Ansprüche 28-31, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke der Farbstoff-Schicht höchstens 500 nm beträgt.
33. Verfahren nach einem der Ansprüche 28-32, dadurch gekennzeichnet, dass der Kontaktpad und die Kontaktfläche vor dem Beschichten miteinander über den Drahtbond elektrisch verbunden werden.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 28-33, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichten mit dem Konversionsfarbstoff durch eine Schattenmaske hindurch geschieht, so dass eine strukturierte Farbkonversionsschicht entsteht.
35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichten mit der Hülle durch eine zweiten Maske (67), welche die ersten Konaktflächen (62a) und die Kontaktpads abdeckt, hindurch erfolgt und dass das anschliessende Beschichten mit dem transparenten elektrisch leitfähigen Material durch eine erste Maske (66) hindurch erfolgt, welche Zwischenräume zwischen LED-Chips abdeckt, so dass das elektrisch leitfähige Material benachbarter LEDs nicht miteinander in Kontakt kommt.



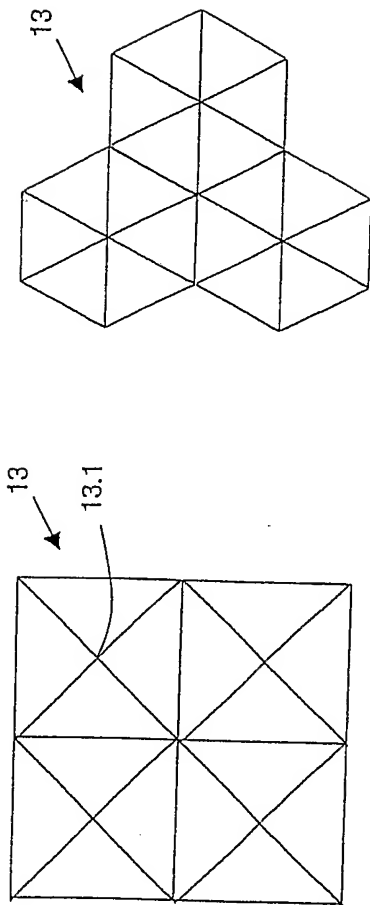


Fig. 1a

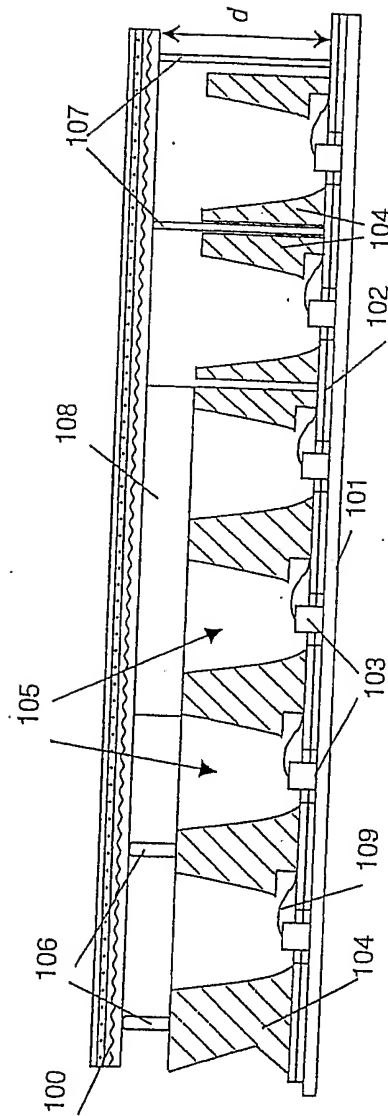
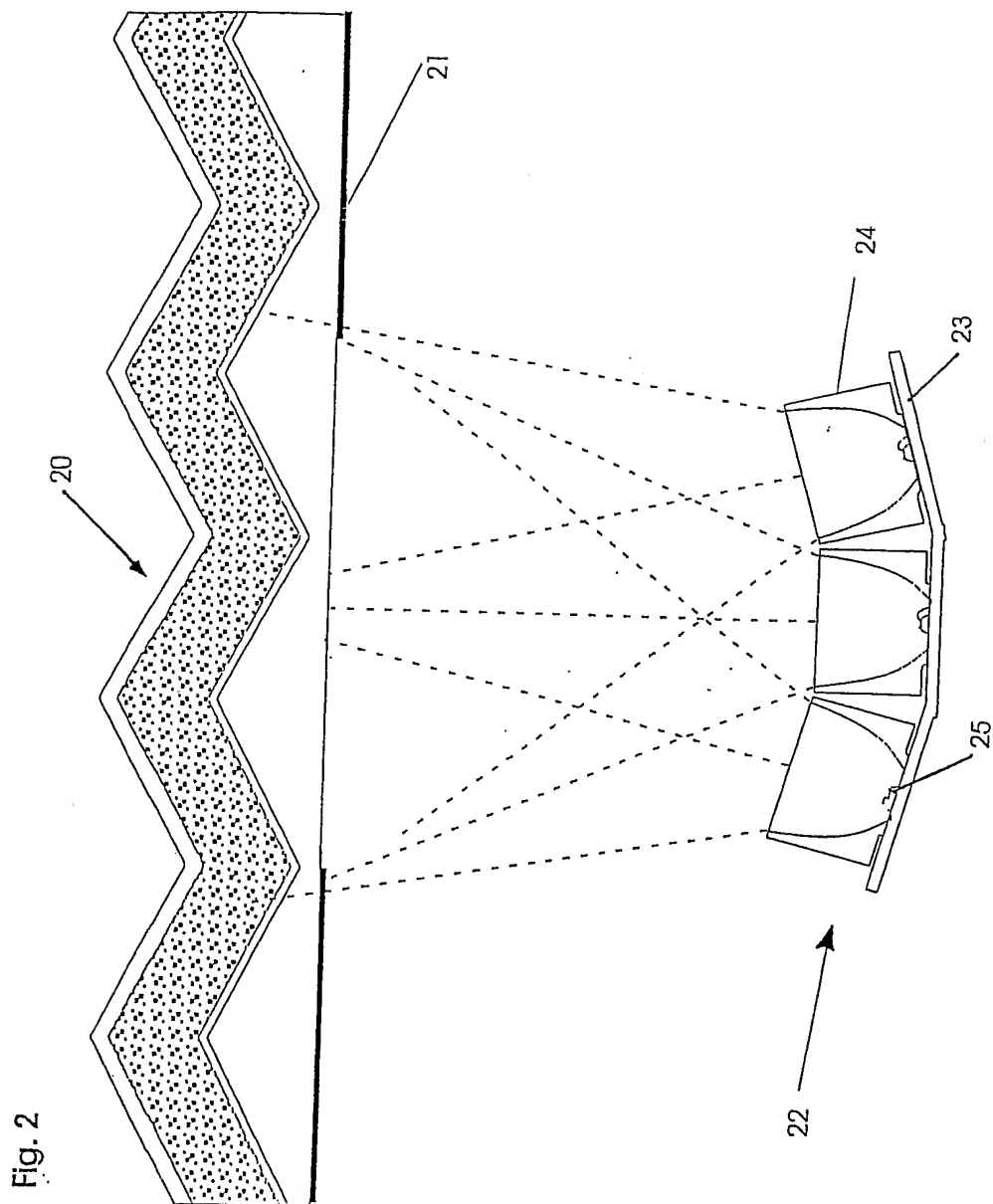


Fig. 1b





4/13

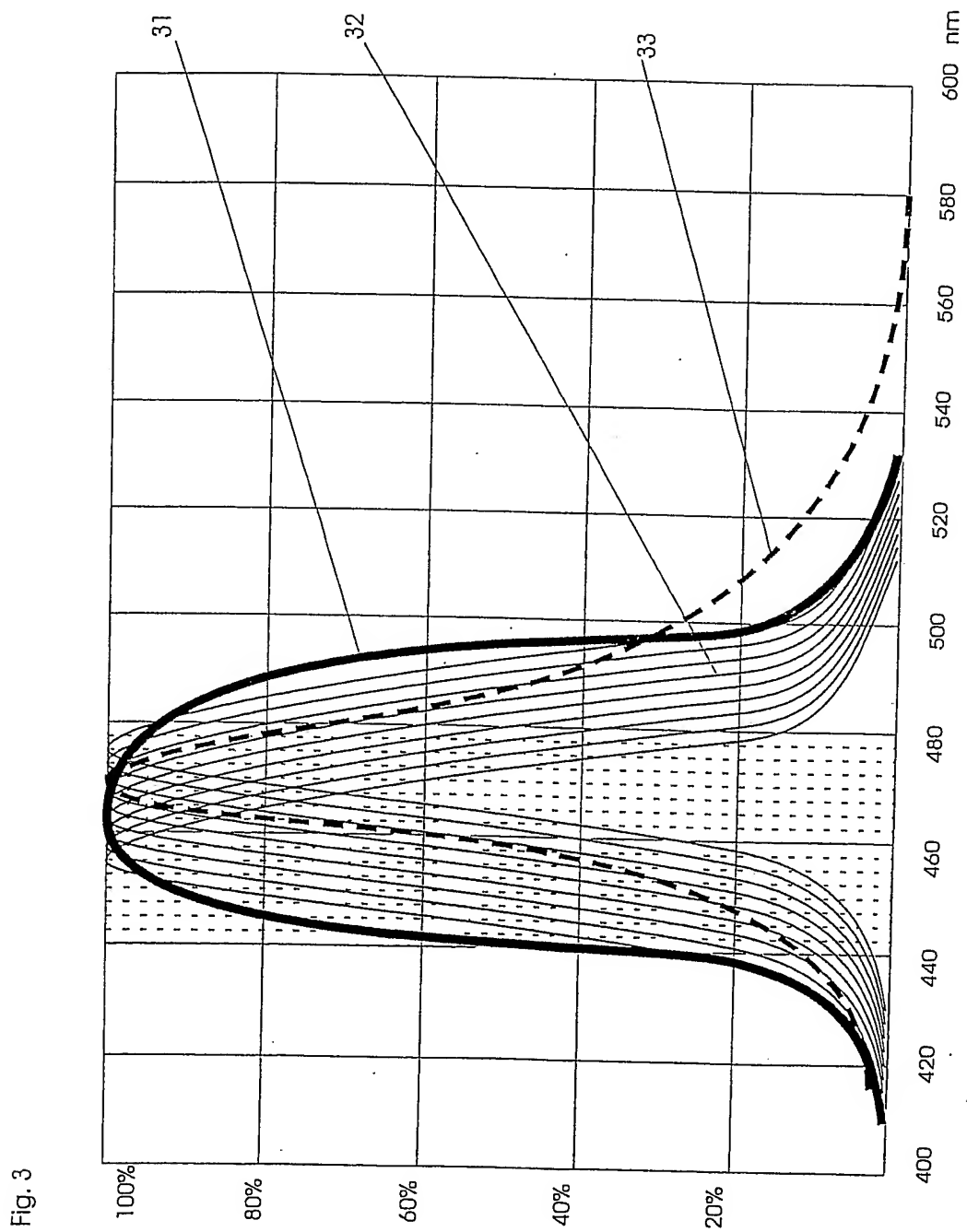
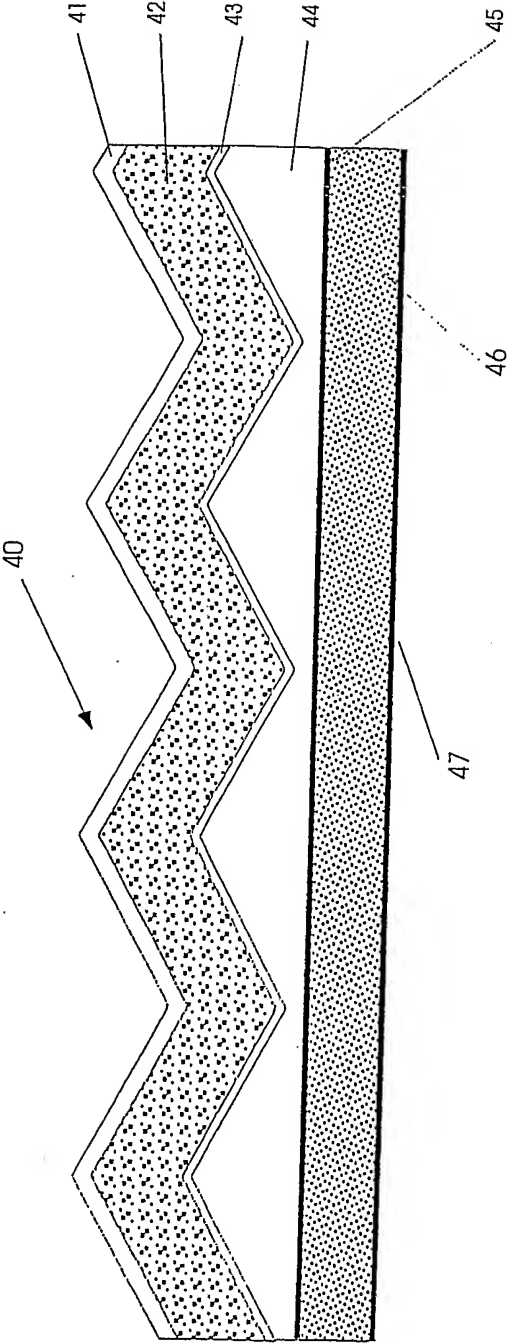
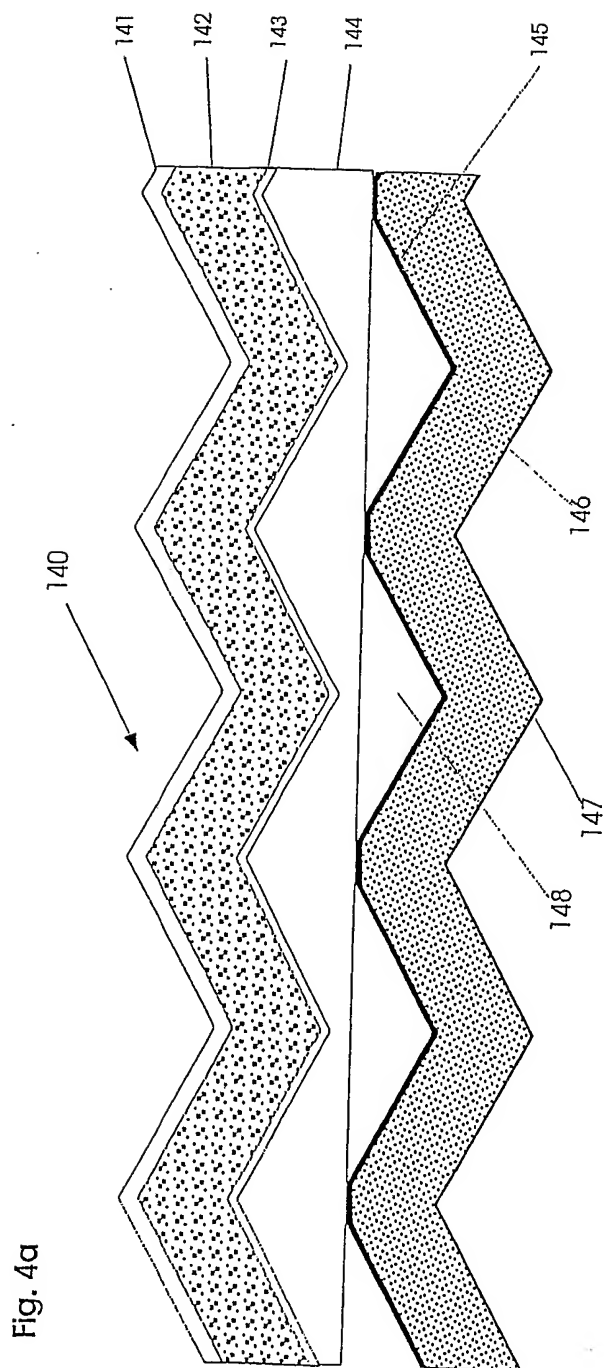


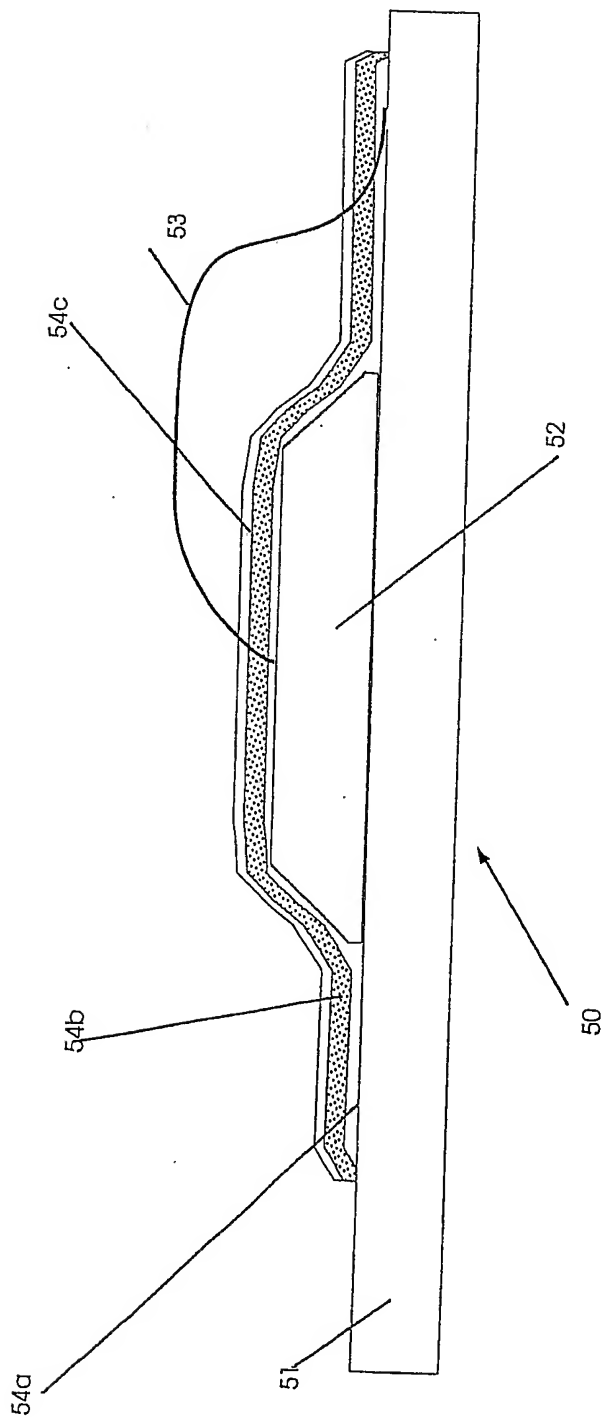
Fig. 4

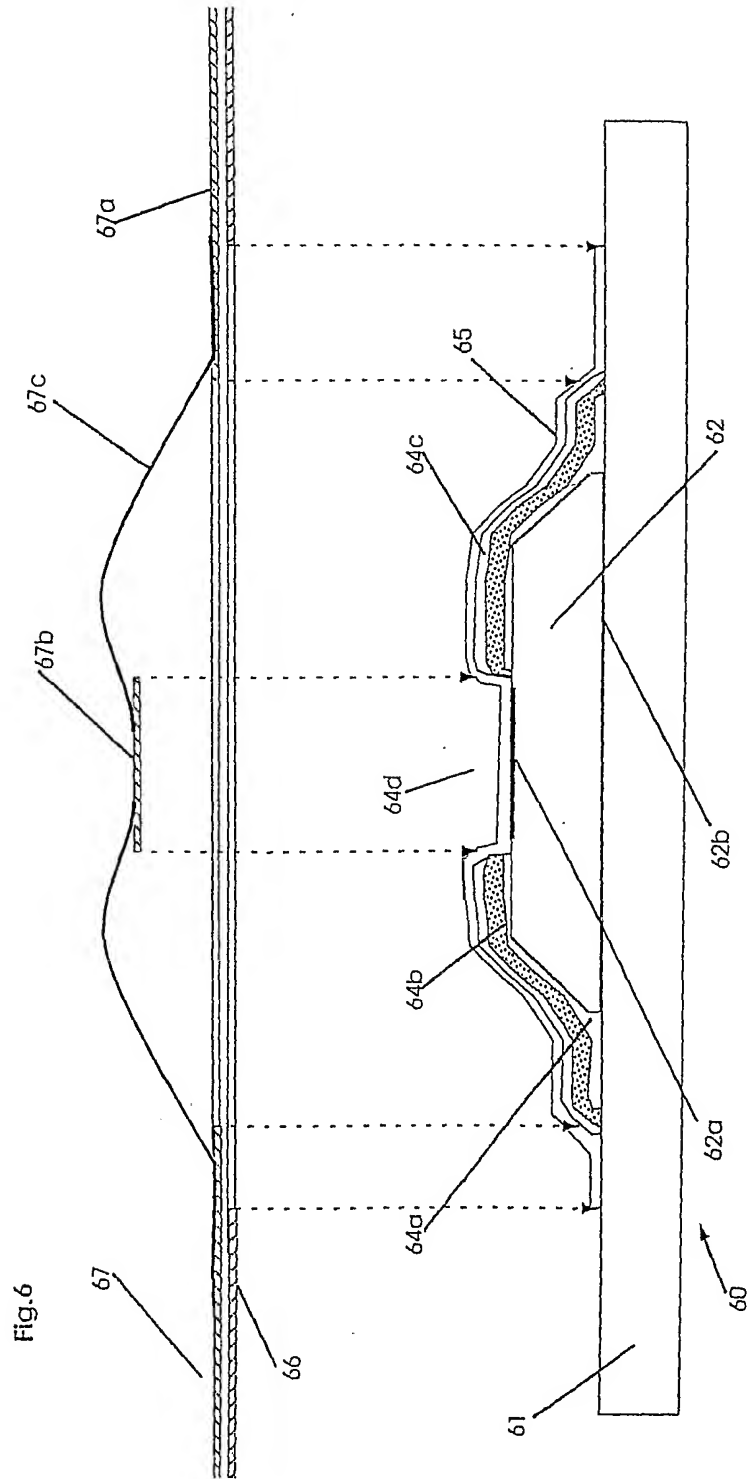




7/13

Fig.5





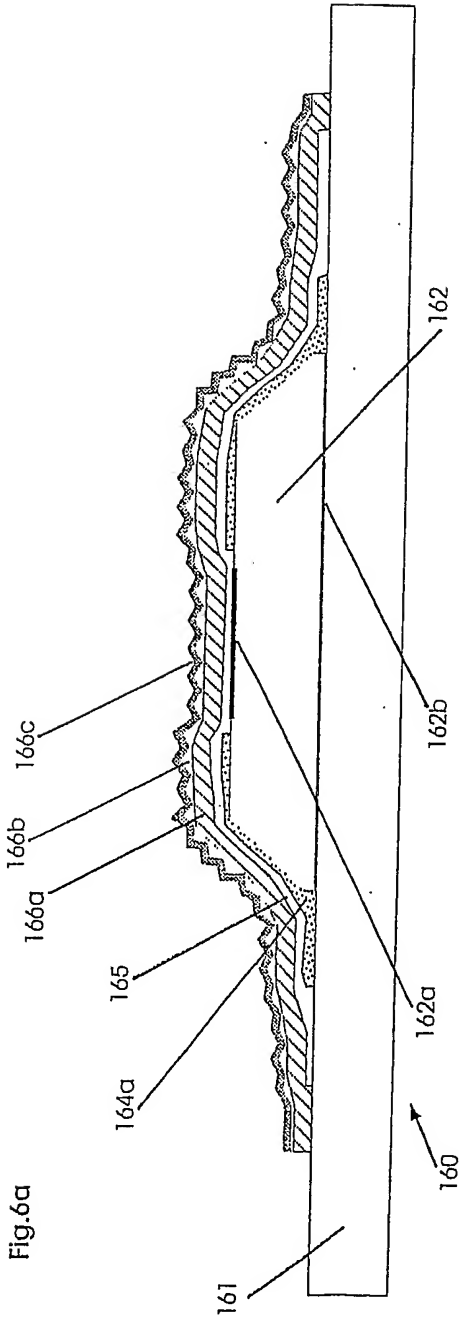


Fig. 7a

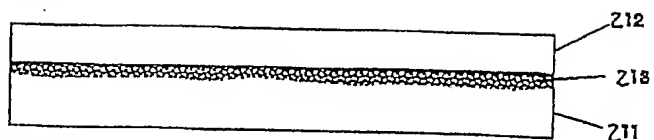


Fig. 7b

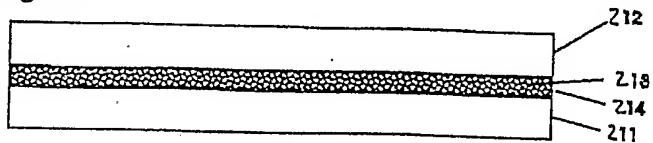


Fig. 7c

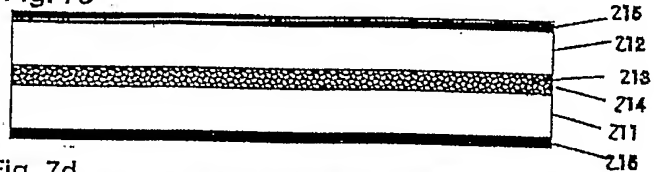


Fig. 7d

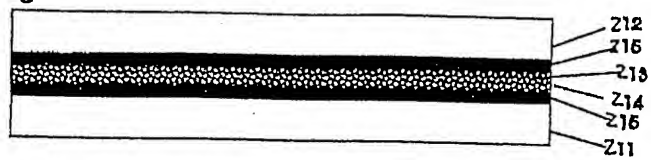
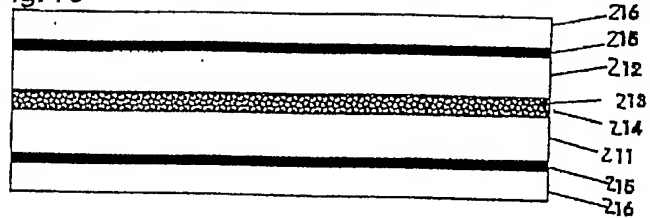


Fig. 7e



11/13

Fig. 8a

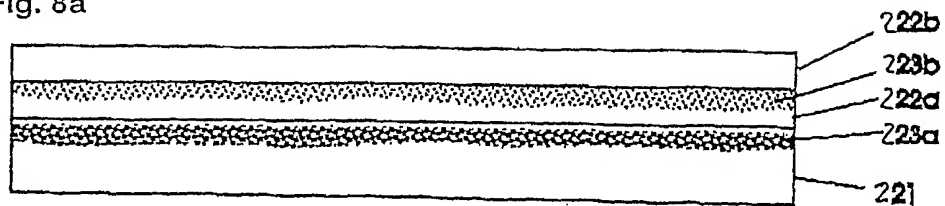


Fig. 8b

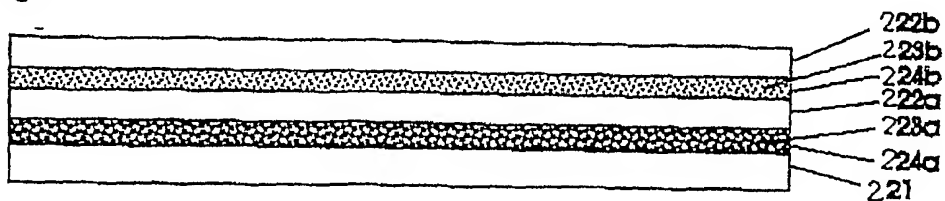


Fig. 8c

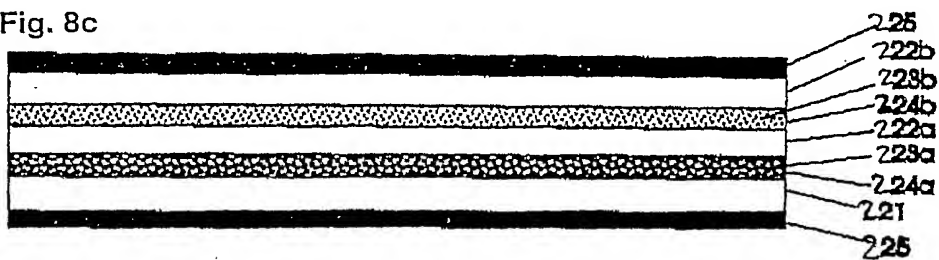
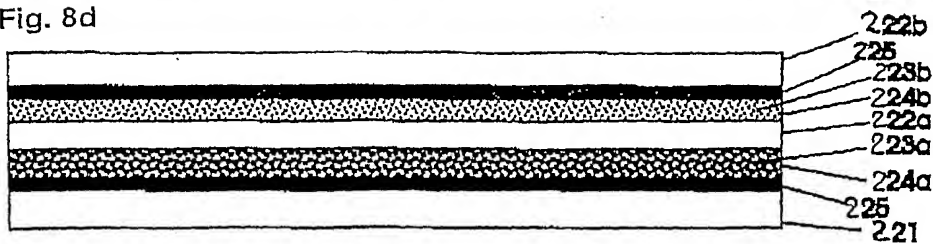
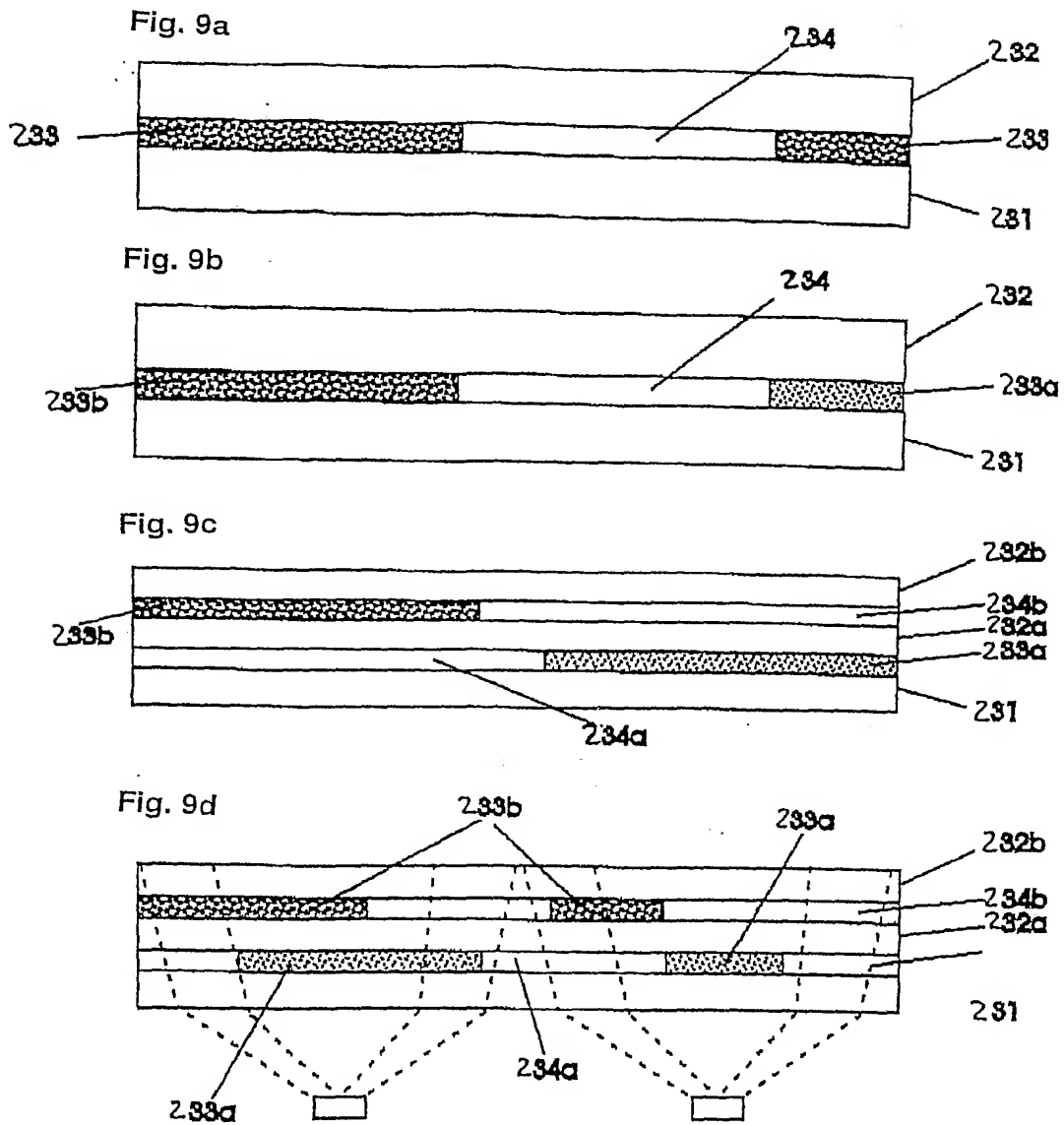


Fig. 8d







13/13

Fig. 10

